

KOSTUTUSVEDEN LAADUNVALVONNAN KARTOITUS- JA PARANTAMISHANKE

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2010
Ari Vienonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

VIENONEN, ARI: Kostutusveden laadunvalvonnan kartoitus- ja
parantamishanke

Mekatroniikan opinnäytetyö, 44 sivua, 1 liitesivu

Syksy 2010

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee Esa Lehtipaino Oy:n rotaatiopainamisen kostutusvesijärjestelmän kartoitusta ja laadullista parannusta. Yhtiössä ei ole selkeää kokonaiskuvaa kostutusvesijärjestelmän toiminnasta ja sitä kautta laadunvalvonnallisista asioista, joilla laadun tasaisuutta pystyttäisiin kontrolloimaan. Kostutusveden laadun avulla pystytään vaikuttamaan paino-olosuhteisiin ja lopullisen valmiin tuotteen laatuun, jos kostutusveden konsentraatin annostelu on oikeanlainen.

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään hiukan SPC:n vaihtoehtoja ja pyritään löytämään oikeanlainen keino parantamaan laadunvalvontaa nykyisestä järjestelmästä, sekä kehittämään helposti ymmärrettävä seuranta. Laadunvalvonnan, työtapojen ja työkalujen muutoksilla pyritään vaikuttamaan laadunvarmistukseen, joka muodostaa tämän työn tärkeimmän kokonaisuuden. Työssä keskitytään tunnistamaan mittausvirheet ja mittavälien aikana tapahtuvat muutokset, jotka vaikeuttavat seurantaa ja aiheuttavat mahdollisesti vääränlaisia korjausliikkeitä.

Työn tuloksista pystytään tekemään johtopäätöksiä muutoksien tarpeellisuudesta mittaustapoihin. Erilaiset testisarjat osoittavat, että kostutusveden laadussa tapahtuu huomattavia muutoksia, mitkä tulisi nykyisissä mittaustavoissa huomioida laitteistojen säädöissä. Mittauksen kohdetta vaihtamalla voidaan eliminoida muutujien vaikutukset mittasuureisiin ja mittaustulosten voidaan katsoa olevan relevantteja. Kostutusvesilaitteiston katsotaan toimivan tarpeeksi luotettavalla tasolla, jolloin laadun tasaisuus on hyväksyttävää.

Avainsanat: laadunvalvonta, seuranta, mittaus

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

VIENONEN, ARI: A survey of quality control and enhancement project of
dampening water

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 44 pages, 1 appendix

Autumn 2010

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis deals with the current quality control of the dampening water used in coldset offset printing. The quality of the dampening water is linked to the quality of the final product. It can transform press conditions much easier to handle, if the dosage of the fountain solution is correct. The study was commissioned by Esa Lehtipaino Oy. The company had no general view of the system, and therefore quality could not be ensured.

In the theory part of this thesis, the SPC (Statistical Process Control) is briefly discussed. The primary purpose was to improve the present quality control system. A secondary purpose was to generate a monitoring tool that would be easy enough to use for everyone. The study focuses on recognizing the errors in the measurements and the variations between them. These problems will make control more difficult and may cause wrong types of corrections. Thus, the measuring methods and the tools were modified to be able to improve quality control.

The results of the study seem to indicate that there is need for the alternation of the measuring habits. Different types of test sequences show that noticeable alteration occurs in dampening water and should be paid attention to while adjusting the apparatus. The influences caused by the variations on the measurement data can be eliminated by changing the metering target and the results are still relevant. The dampening water equipment seems to operate on enough reliable level, and therefore the steadiness of the quality is acceptable.

Key words: quality control, monitoring, metering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYS	2
3	KOSTUTUSVESI	4
3.1	Coldset offset -painamisen periaate	4
3.2	Kostutusveden laadulliset tekijät	5
3.2.1	Veden pintajännitys	5
3.2.2	Kovuus	6
3.2.3	Happamuus	6
3.2.4	Levyn suoja-aineet	7
3.2.5	Limoittumisenesto	7
3.2.6	Veden puhtaus	7
4	KOSTUTUSVESIJÄRJESTELMÄ JA SEN TOIMINTAPERIAATE	8
4.1	Veden esisuodatus ja pehmennys	9
4.2	Veden suodatus käänteisosmoosilla	10
4.3	Läpimenoaineen säilytys ja puhtaanapito	11
4.4	Kovetin- ja lisäaineen annostelu ja sekoitus	12
4.5	Kostutusveden siirto painotapahtumaan	15
4.5.1	Kostutusvesirampin toiminta	16
4.5.2	Solenoidventtiili ja suutin	17
4.5.3	Suutinongelmat	17
4.6	Kostutusveden annostelu ja ohjaus	19
5	ENTISET LISÄAINEANNOSTELUN MITTAUS- JA SEURANTAMENETELMÄT	21
5.1	Seurannan ongelmat	22
5.2	Mittauksen ongelmat	23
5.3	Näytteenoton ongelmat	24
5.4	Läpimenoaineen konduktiivisuuden tasaisuuden ongelmat	26
5.5	Mittauksulosten vertailuissa esiintyneet ongelmat	27
5.6	Lisäaineen siirtämisessä esiintyneet ongelmat	29
6	ONGELMIEN ANALYSOINNIT JA RATKAISUT	30
6.1	Valvontakortin valinta ja teoriaa	30
6.2	Mittaus	35

6.3	Näytteenotto	36
6.4	Konduktiivisuuden tasaisuus	37
6.5	Laitteistojen huolto	38
7	YHTEENVETO	40
	LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on kostutusveden laadunvalvonnan kartoitus- ja parantamishanke. Painajien mielestä lehden kostutusvesijärjestelmässä oli esiintynyt jo pidempään ongelmia, jotka vaikeuttivat lehden asetuksien määrittelemisessä varsinkin alkupainoksen aikana, mutta myös läpi tuotannon. Tämä näkyi kasvaneena makulatuurituotantona, eli kelpaamattomana painotuotteena, joka tiputetaan tuotannosta pois ennen jälkikäsittelykoneita ja kuljetetaan suoraan paperinkeräykseen. Makulatuurista koituu yritykselle rahallisia menetyksiä materiaalihävikkinä. Painojäljen laadun alentuessa tulee myös reklamaatioita ilmoittajilta sekä kuluttajilta.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska nykyinen laatujärjestelmä on päällepäin katsottuna suppea ja ylläpidontaso heikkoa. Järjestelmän komponenttien toimintaperiaatteet ovat myös osittain tuntemattomia. Tavoitteena on kartoituksen avulla selvittää kostutusveden laatujärjestelmän nykytila ja tehdä sen pohjalta päätöksiä mahdollisiin muutoksiin työn aikana sekä tulevaisuudessa. Kostutusvesijärjestelmän toimintaperiaate tulee myös määrittelemään mahdollisuuden uudistaa seurantamenetelmä tulevaisuudessa.

2 YRITYS

Esa Lehtipaino Oy on Lahdessa vuonna 2004 yhtiöitetty yritys, joka kuuluu Mediatalo Esa-konserniin. Yrityksen historia alkaa kuitenkin jo vuodesta 1900, kun ensimmäinen Lahden Sanomat ilmestyi 4.7. ja on siitä lähtien ilmestynyt säännöllisesti. Nykyinen nimi on Etelä-Suomen Sanomat ja se ilmestyy jokaisena viikonpäivänä. (Esa Lehtipaino Oy 2010.)

Yritys on keskittynyt sanomalehtien rotaatiopainamiseen ja on laajentanut vuosien varrella painettavien lehtien määrää huomattavasti Etelä-Suomen Sanomien kuitenkin pysyessä päätuotteena. Lehden lukijamäärä on 132 000 kappaletta ja nettolevikki 60 420 kappaletta (syksy 2009/kevät 2010). Toisena sanomalehtituotteena valmistetaan kuutena päivänä viikossa ilmestynvä Itä-Häme, joka valittiin vuonna 2008 Suomen parhaimmaksi paikallislehdeksi. Yrityksessä valmistetaan myös kaupunkilehtiä, joihin kuuluvat Uusi Lahti, Seutu4 ja Mäntsälän uutiset. Näiden lisäksi tuotetaan erilaisia asiakaslehtiä. Kaikkien näiden lehtien painaminen tapahtuu kahdessa vuorossa, ja lehtipaino työllistää tällä hetkellä noin 30 henkilöä. (Esa Lehtipaino Oy 2010; Kansallisen Mediatutkimuksen syksy 2009/kevät 2010-aineisto, 3)

Lehtien sivumäärä on Broadsheet-formaatilla 4-48 sivua ja tabloid kokoisena 8-96 sivua. Sivut painetaan neliväripainatuksella. Paperilaadut ovat perinteisestä 45-grammaisesta (g/m^2) aina 100 grammaan asti ISO vaaleuksien ollessa 59–97 kon-
tupohjan tai volgan valmistamilla papereilla. Tabloid-formaattilehtiä voidaan myös puhtaaksileikata, jolloin painopinta-ala ulottuu aina reunoille asti. Leikkauksella voidaan myös muuttaa lehden kokoa halutunlaiseksi. (Esa Lehtipaino Oy 2010.)

Esa Lehtipainossa laitteet on pitkälle automatisoitu alkaen painolevyn valmistuksesta. Yritys oli Suomen ensimmäinen painotalo, jossa siirryttiin laserdioditekniikkatulostimiin ja yhden nelivärisivun tulostukseen meneekin ainoastaan 6 minuuttia. Tulostus tapahtuu täysin automaattisesti. Vuonna 2004 investoitiin uuteen painokoneeseen, jonka maksimituotantonopeus on 35 000 syl./kierr/h, eli tabloidkoossa 70 000 lehtikappaletta/h. Painokoneessa on mahdollisuus niittaustoimin-

toon, joka on tabloid-lehdissä tarpeen. Painokoneissa on myös automaattiset rullanvaihtajat, joten tuotanto voidaan ajaa sulavasti loppuun asti ilman keskeytyksiä. (Esa Lehtipaino Oy 2010.)

Postituksessa ja jälkikäsittelypuolella voidaan lehti liitteistää, osoitteistaa, niputtaa ja postitaittaa. Liitteistystä varten on olemassa varastojärjestelmä, jonka kapasiteetti on 140 000 liitelehteä. Liitteistyksessä tuotanto ajetaan kahden sisäänpistokoneen kautta, joissa itse liitteistys tapahtuu. Osoitteistus tapahtuu mustesuihkutostimella, joka kykenee osoitteellistamaan 30 000 lehteä/h. Valmiit lehtiniput voidaan tarvittaessa muovittaa, ja lopuksi ne sidotaan ristisiteellä. (Esa Lehtipaino Oy 2010.)

3.2 Kostutusveden laadulliset tekijät

LAATU

Arkikielessä laatu tarkoittaa milloin mitäkin hyväksi koettua asiaa. Yrityksen toimintaa kehitettäessä on kuitenkin syytä määritellä kun-kin tuotteen ja toiminnon kohdalla erikseen riittävän tarkasti, mitä sanalla tarkoitetaan.

Alan kirjallisuudessa esitetyt moninaiset laatukäsitykset voidaan ryhmitellä neljään luokkaan seuraavasti:

- 1. laatu erinomaisuutena*
- 2. laatu rahan vastineeksi saatavana arvona*
- 3. laatu vaatimusten mukaisuutena*
- 4. laatu asiakkaiden odotusten täyttymisenä tai ylittämisenä*

(Järvinen, Lemetti, Virtanen, Lillrank & Malmi 2001, 4)

Tässä opinnäytetyön yhteydessä laatu-sana voidaan jakaa näistä useampaankin alueeseen, mutta sen voidaan katsoa kuuluvan ”laatu vaatimusten mukaisuutena” – ryhmään. Tätä voidaan perustella sillä, että päällimmäinen tarkoitus kostutusvedellä on saada Coldset offset-painamisessa tarvittavat olosuhteet vakioitua. Ongelmien muodostuminen johtuu jonkin osa-alueen pettämisestä.

Kostutusvesi ei kuitenkaan ole tavallista hanavettä. Siihen lisätään erilaisia aineita, jotta veden ominaisuudet muuttuvat painolaatua edistäväksi ja ylläpitäviksi. Tällaiset ominaisuudet ja laadulliset tekijät on kerrottu seuraavissa alaotsikoissa.

3.2.1 Veden pintajännitys

Pintajännityksen (mN/m) alentuessa veden määrää voidaan painotapahtumassa pienentää, koska pienempi vesimäärä pystyy peittämään suuremman pinta-alan painolevystä. Pintajännityksen ollessa korkea joudutaan käyttämään suurempaa määrää vettä estettäessä sivujen sävyttyminen eli painamattoman pinnan värinsiir-

to. Liiallisen vesimäärän käytössä on vaarana vesimarkkeeraus, jolloin värin maksimi vedenottokyky on täyttynyt ja viskositeetissa tapahtuu muutosta. Suuresta vesiannostelusta aiheutuu pienempien värirasteripisteiden peseytyminen pois, mikä näkyy vaalean alueen puuttumisena painotuotteessa. Vesimäärän nostossa tapahtuu lisäksi fan-out-ilmiö, joka tarkoittaa paperiradassa fyysisiä mittamuutoksia, jotka aiheuttavat kohdistusongelmia. Sopiva pintajännitys edistää oikeanlaista vesi-väri tasapainon löytymistä, joka on erittäin tärkeä painolaadullinen tekijä. Pintajännitystä pystytään vähentämään erilaisilla lisäaineen tensideillä. Veden pintajännityksen tulee olla pienempi, kuin painolevyn pintaenergia (mJ/m^2), jolloin levyn kasteleminen onnistuu. (Laakapaino offsetprosessin perusteet, 16-17)

3.2.2 Kovuus

Kostutusveden kovuudella on vaikutus värin emulgoitumisasteeseen. Liian pehmeä vesi aiheuttaa liian suuren emulsion värin kanssa, jolloin levyjen aukeneminen on hitaampaa. Pehmeä vesi aiheuttaa myös happamuuden alentuman. Liian kovalla vedellä taas muodostuu kalkkikerääntymiä kumiteloille, mikä aiheuttaa telojen lasittumista. (Manroland Finland Oy 2010.)

3.2.3 Happamuus

Kostutusveden happamuudella on monta erilaista laadullista tekijää painamisessa. Lisäaineessa käytetään happamuuden puskurointia edistäviä aineita, pH-säätäjää, jolla pystytään turvaamaan vähäinen happamuuden muutos lisäaineen annostuksen vaihdellessa. Alhaisella happamuudella (pH n.4) edesautetaan sivujen aukenemista. Tämä tarkoittaa vedensiirtotelan ja painolevyn nopeampaa puhdistumista väristä sekä oikeanlaisen vesifilmin muodostumista painolevylle, jolloin sivujen painatuslaatu on nopeampi saada halutunlaiseksi. Kun happamuus on näin alhainen, tapahtuu kostutusveden nopeaa emulgoitumista väriin, jolloin vesimarkkeerausta alkaa tapahtua. Näiden asioiden lisäksi myös levykorroosion mahdollisuus kasvaa.

Happamuuden noustessa pH 6:een, muuttuvat ominaisuudet päinvastaisiksi. Mo-lemmissa ääripäissä on hyvät ja huonot puolensa ja normaalisti happamuus pyri-tään pitämään 4,8–5,2:n välillä. (Laakapaino offsetprosessin perusteet, 61-62; Manroland Finland Oy 2010.)

3.2.4 Levyn suoja-aineet

Vesiliukoisella polymeerillä, arabikumilla, suojataan painolevyä painokoneen seisokissa. Tällöin värien rasvahapot pyrkivät adsorboitumaan levyn pintaan, ja tätä pyritään estämään, jotta painamattoman pintojen väliset pintaenergiat pysyvät tasaisina ja mahdollistavat hyvän vesi-väritasapainon. (Laakapaino offsetprosessin perusteet, 60)

3.2.5 Limoittumisenesto

Veden tulee olla myös bakteereista ja muista eliöistä vapaata, koska painokonees-sa olevat vesisuuttimet saattavat tukkeutua limoittumisen seurauksena ja näin ol-len aiheuttaa laatuongelmia. Kostutusvesi on aina jonkin verran hapanta (pH 4.8–5.2), joten se antaa bakteereille hyvän kasvualustan. Lisäaineessa käytetään bak-terin torjuntaan suunniteltuja kemikaaleja, joita vaihdetaan säännöllisesti. Kostu-tusvesiverkossa voi kuitenkin kertyä ilmaa etenkin letkujen mutkakohtiin, jolloin bakteerikasvua pääsee syntymään lisäaineesta huolimatta. Myös liian alhainen lisäainepitoisuus voi puoltaa bakteerien lisääntymistä verkossa. (Manroland Fin-land Oy 2010.)

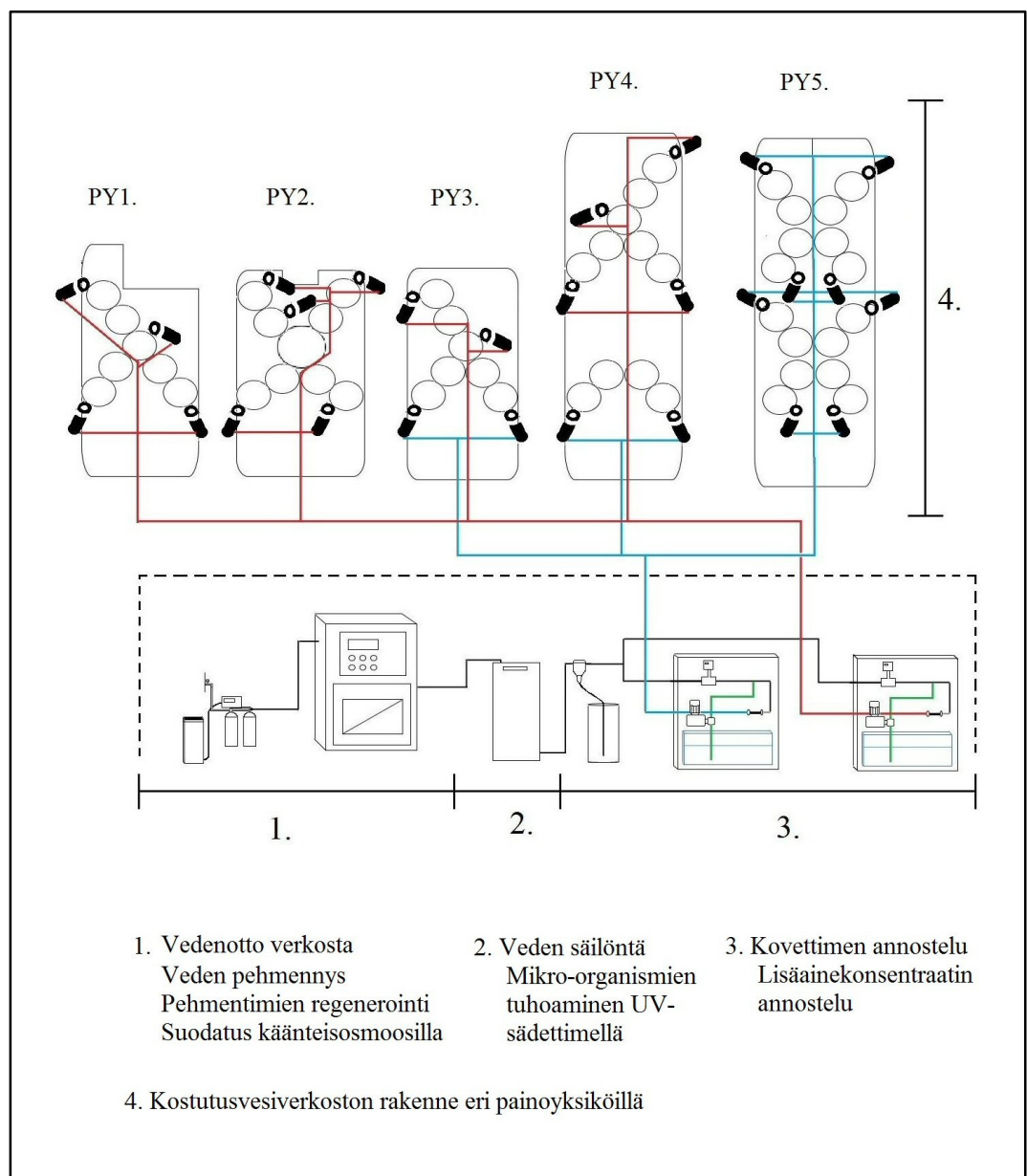
3.2.6 Veden puhtaus

Suurin osa kostutusvedestä on tavallista vettä. Osassa lehtipainoista käytetään edelleen hanavettä, johon lisätään tarpeelliseksi katsottu määrä lisäainetta. Esa Lehtipaino Oy:ssä on siirrytty käyttämään puhdistettua vettä, mikä johtuu vesilai-toksen vedenlaadun ja kovuuden vaihtelevuudesta eri vuodenaikoina. Veden puh-distus onnistuu sekä käänteisosmoosi- että ioninvaihtolaitteiston avulla poistamal-

la vedestä kaikki ylimääräiset ainesosat, kuten suolat ja karbonaatit. Nämä puhdistusmenetelmät vähentävät myös järjestelmään pääsevien mikrobien määrää.

4 KOSTUTUSVESIJÄRJESTELMÄ JA SEN TOIMINTAPERIAATE

Kostutusvesijärjestelmä voidaan jakaa neljään pääosaan: veden esivalmistelu, säilöntä, kovettimen ja lisäaineen annostus sekä kostutusveden siirto painotapah-tumaan (kuvio 2).



KUVIO 2. Kostutusvesijärjestelmän käsitteellinen layout

4.1 Veden esisuodatus ja pehmennys

Ennen käänteisosmoosilaitetta juomavesi puhdistetaan mekaanisesti, jolloin suuret likahiukkaset, ruoste ja muut kiintoaineet otetaan talteen 5µm:n suodatuskelaan. Seuraavana on vuorossa aktiivihiilisuodatus, jolloin humus sekä kloori suodattuvat pois. Vedelle suoritetaan myös pehmennys kaksisäiliöisellä pehmennysyksiköllä, jolloin vedestä poistetaan varaukselliset metallit kationinvaihtajahartsilla (kuvio 3). Tätä tapahtumaa kutsutaan ioninvaihdoksi. Hartsin menetettäessä liiaksi ioninvaihto-ominaisuuksiaan sille suoritetaan natriumkloridiliuoksen (NaCl) avulla elvytys, joka tapahtuu täysin automaattisesti. Ioninvaihtohartsin toimintakunnon ylläpitäminen perustuukin ioninvaihdon ja regeneroinnin vuorottelujaksoihin. Pehmennystornit antavat mahdollisuuden jatkuvaan tuotantoon, sillä toisen tornin elvytystoiminnon aikana on toinen torni tuotannon käytössä.



KUVIO 3. Vedenpehmennyspylväät ja pehmentimien regenerointisuola-astia

4.2 Veden suodatus käänteisosmoosilla

Järjestelmän vesi otetaan käyttöön suoraan kaupungin vesiliitännästä. Vesi kulkeutuu erilaisilla suodattimilla varustetun käänteisosmoosilaitteiston läpi, jossa tapahtuu puhdistuminen hanaveden sisältämistä aineista, joita ovat:

- kalsium, magnesium → aiheuttaa saostumia kumiteloille
 - natrium, kaliumkarbonaatti → värin emulgoitumisaste veteen muuttuu
 - vetykarbonaatti → happamuuden epävakauttaminen
 - kloridi, sulfaatti, nitriitti → aiheuttaa voimakkaasti korroosiota
- (Manroland 2010.)

Käänteisosmoosilaitteessa valmiiksi pehmennetty vesi pumpataan orgaaniselle kalvosuodattimelle, joka päästää lävitseen vesimolekyylit. Tämän selektiivisen kalvon lävitse kykenee kulkeutumaan hyvin vähän ioneja eikä lainkaan orgaanisia molekyylejä. Paineen nostaminen väkevämmän aineen puolella aiheuttaa paineeron, joka on suurempi kuin liuosten välinen osmoottinen paine. Tämä aikaansaa käänteisen osmoositapahtuman, jolloin vesi kulkeutuu kalvon läpi väkevämmästä liuoksesta laimeampaan – tuottaen puhdasta vettä.

(Vihersaari 1999)

Suoloista ja mineraaleista pystytään teoriassa poistamaan jopa 99 %. Sähkönjohtavuus on tällöin lähes 0 μ S/cm ja kovuus 0°dh, joten vesi on erittäin pehmeää. Tätä puhdastettua eli permeaattia kutsutaan läpimenoaineeksi, ja sen ominaisuudet ovat lähempänä akku- kuin juomavettä. Konsentroitunut suolaliuos eli rejekti käsitellään jätteenä ja johdetaan viemäriin. Käänteisosmoosilaitte on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4. Käänteisosmoosilaite

4.3 Lämpimenoaineen säilytys ja puhtaanapito

Suodatuksen jälkeen läpimenoaine varastoidaan 500l säiliöön (kuvio 5). Vettä valmistetaan aina 80l kerrallaan, josta ylimääräinen vesi juoksetetaan viemäriin. Säiliön tarkoitus on toimia puskurina veden riittävyydelle sekä mahdollistaa käänteisosmoosilaitteiston puhdistautuminen painotapahtuman aikana. Säiliössä on sisäänrakennettu tehokas UV-säteilytin, joka tuhoaa mahdollisesti suodatuksen läpi päässeet mikro-organismit.



KUVIO 5. Valmiin läpimenoaineen säilöntä

4.4 Kovetin- ja lisäaineen annostelu ja sekoitus

Vesi pumpataan säiliöstä automaattiselle suorasekoitusjärjestelmälle. Vesi on kuitenkin liian pehmeää painamiseen ja riittämättömästi konduktiivinen, joten suorasekoitusjärjestelmän induktiivinen virtausmittari ei kykene tunnistamaan läpimenoaineen virtausnopeutta. Tämän takia vedelle annostellaan heti säiliön jälkeen sopiva määrä kovetinta, jossa on myös natriumkloridia kohottamassa aineen konduktiivisuutta anturin luettavalle tasolle. Annostelun suorittaa dosatron-merkkinen annostelija, joka toimii yksinkertaisella mäntäratkaisulla. Annostelija saa käyttövoimansa veden virtauksesta veden paineen työntäessä vesimäntää. Tällöin vesimännän toisessa päässä oleva annostelumännän nousuaste määrittää annostelun, joka pysyy vakiona suhteessa veden virtaukselle.

Kovetinaineen lisäyksen jälkeen vesi pumpataan suorasekoitusjärjestelmälle, joka sisältää toiminnallisessa järjestyksessä seuraavat komponentit:

- lisäainesäiliö (80l)
- virtausmittari ja toimintapaneeli
- oikosulkumootorilla varustettu pumppu ja pumpun annostelun säädin
- injektor
- mixer.

Komponentit ovat nähtävissä kuviossa 6.

Sekoittajajärjestelmän tarkoituksena on sekoittaa tarvittava määrä kostutuslisäainetta (konsentraattia) läpimenoaineen joukkoon. Lisäaineen määrä on säädettävissä annostelupumpulla säätämällä pumpun iskunpituutta haluttuun suuntaan. Induktiivinen virtausmittari (magneettiputki) valvoo vedenkulutusta ja muuttaa tulosten virraksi. Virran suuruus on 0mA, kun virtausta ei ole ja 20mA suurimmalla ohjelmoidulla virtauksella. 0-20mA virta ohjaa jännitesäädintä (regulaattoria), jossa virran suuruus muutetaan pulsseiksi, jotka ohjaavat annostelupumppun toimintaa. Pumppu imee lisäaineen säiliöstä ja työntää sen edelleen sisäänruiskutuksen (injektorin) kautta sykäyksittäin kostutusvesijärjestelmään. Läpimenoaineen ja lisäaineen lopullinen sekoittuminen tapahtuu mixerissä, jonka tarkoituksena on aiheuttaa turbulenttinen virtaus nesteeseen. (Automixer 2000, 2-3.)

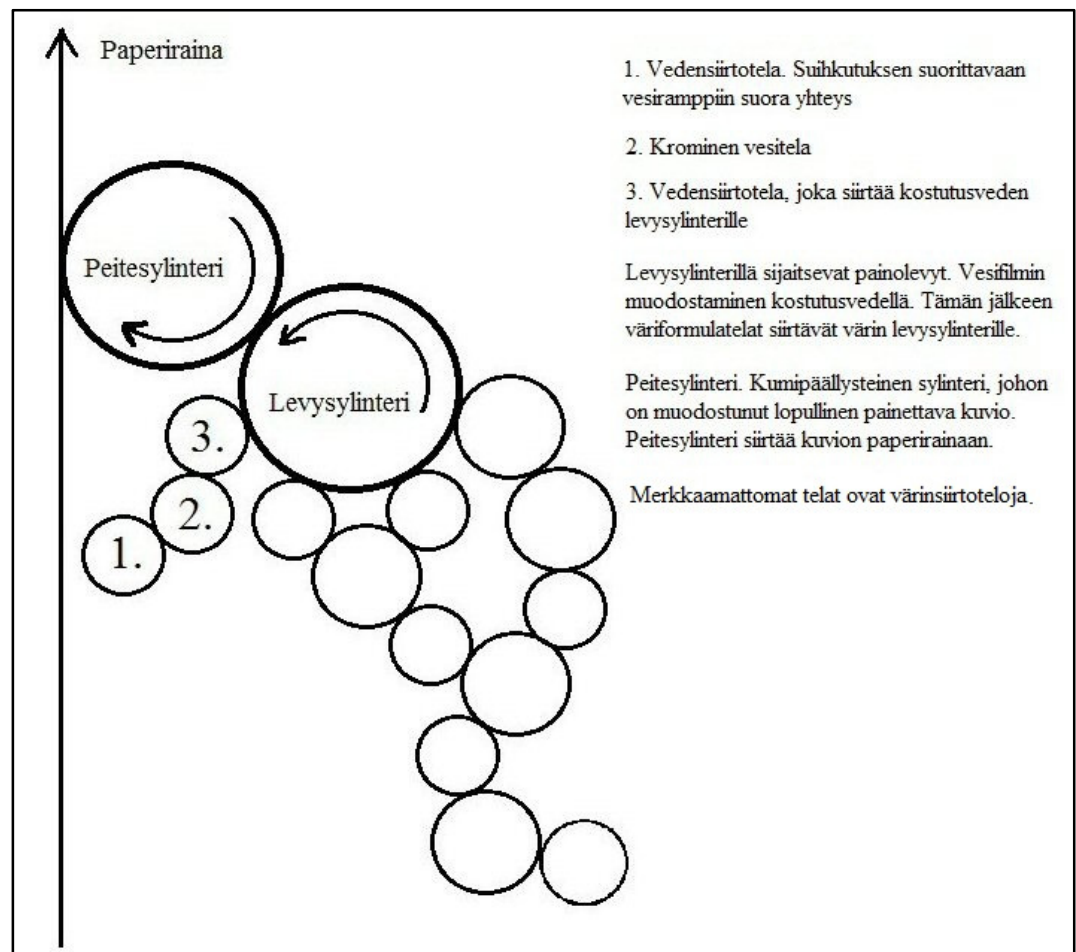
Magneettiputken toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Mittaustapa edellyttää läpimenoaineelta sähkönjohtavuutta ($>1\mu\text{S}/\text{cm}$), jolloin johtimeen induoitunut jännite on suoraan verrannollinen virtauksen suuruudelle.



KUVIO 6. Automixer 2000 suorasekoitusjärjestelmä

4.5 Kostutusveden siirto painotapahtumaan

Valmiin kostutusveden siirtäminen ylemmälle tasolle tapahtuu vesiverkoston avulla, jossa ylläpidetään verkon paine tarpeeksi korkealla. Kostutusveden suihkuttaminen tapahtuu vedensiirtotelan yhteydessä olevasta vesirampista. Vesi anostellaan rampissa olevilla suuttimilla ja telastot kuljettavat veden levysylinterille ennen värin lisäystä (kuvio 7).



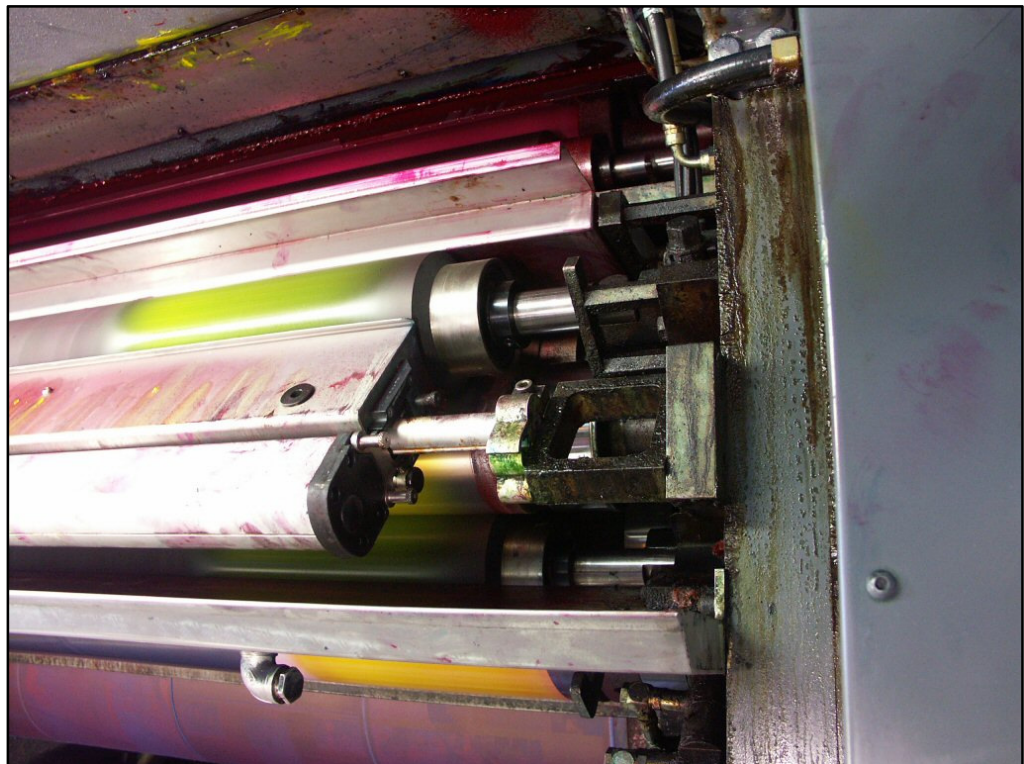
KUVIO 7. Painoyksikön telastoja.

4.5.1 Kostutusvesirampin toiminta

Kostusvesirampin tarkoitus painamisessa on saada siirrettyä kostutusvesi tasaisesti telastojen kautta levysylintereille (kuvio 8). Suorasekoittajalaitteistolta tulevassa vesiverkossa nostetaan painoyksiköllä paine erillisellä pumpulla 3.5bar:iin, joka on samalla vesirampin käyttöön sopiva paine (tarkkuus $\pm 0.1\text{bar}$).

Spraykostutusvesirampit koostuvat laitteen vesipalkista, siihen sijoitetuista kahdeksasta solenoidiohjatusta venttiilistä ja suuttimista. Suuttimia ja veden sumutustapahtumaa suojaa vielä erillinen kotelointi. Vesiramppi on varustettu sekä vesi- että sähköliitäntöillä, joissa on pikaliittimet. Rampin kiinnitys on toteutettu vetopidikkeillä, joten ongelmatilanteissa kokonaisen laitteen vaihtaminen on nopeaa ja vaivatonta.

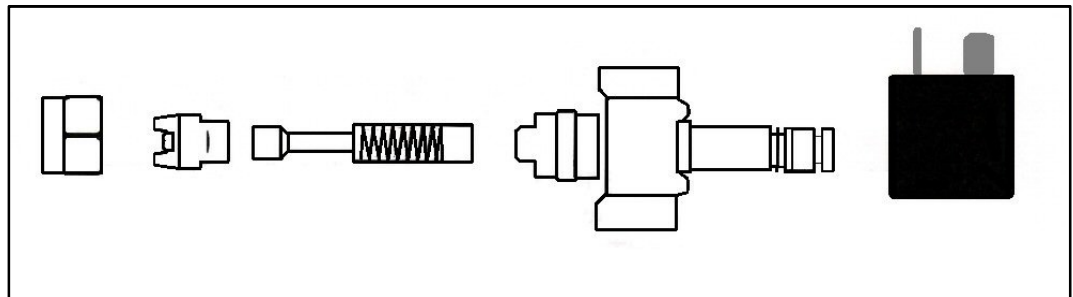
Suuttimien ohjaus tapahtuu sähköisesti ja jokaista suutinta voidaan säätää erikseen. Näinollen kostutusveden annostelua voidaan kontrolloida tarkasti koko paperiradan leveydellä jokaisella vyöhykkeellä.



KUVIO 8. Vesiramppi ja vajaan painorataleveyden aiheuttama värikertymä vedensiirtotelalla

4.5.2 Solenoidventtiili ja suutin

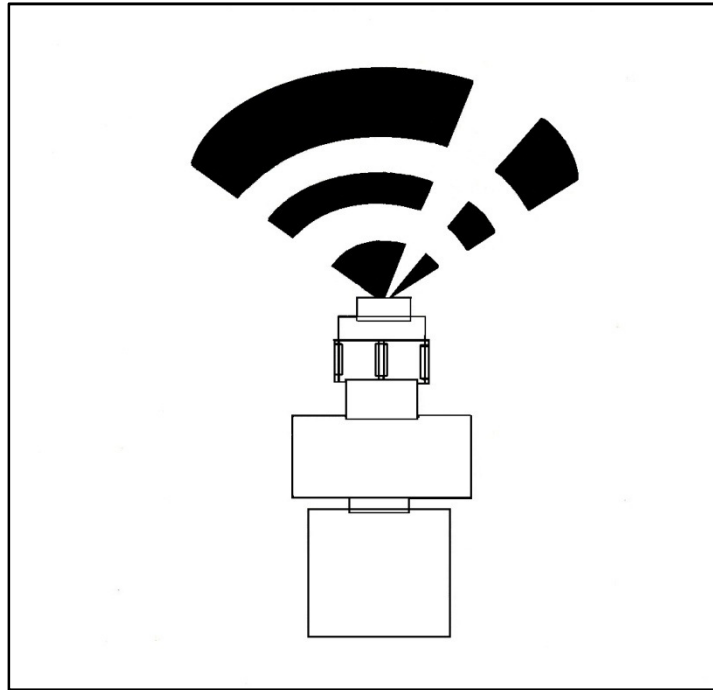
Solenoidventtiili koostuu käämistä, rungosta, männästä ja suuttimesta (kuvio 9). Suutinosaa on valmistettu kovasta metalliseoksesta, jonka läpi kulkeutuessaan veden kuvio muuttuu 110° vesisumukeilaksi. Venttiilin toiminta perustuu käämillä aiheutettuun magneettikenttään, jonka vetäessä mäntää taaksepäin vesi pääsee kulkeutumaan venttiilin läpi. Magneettikentän hävitessä jousivoima työntää männän takaisin aiheuttaen katkon vedensyöttöön.



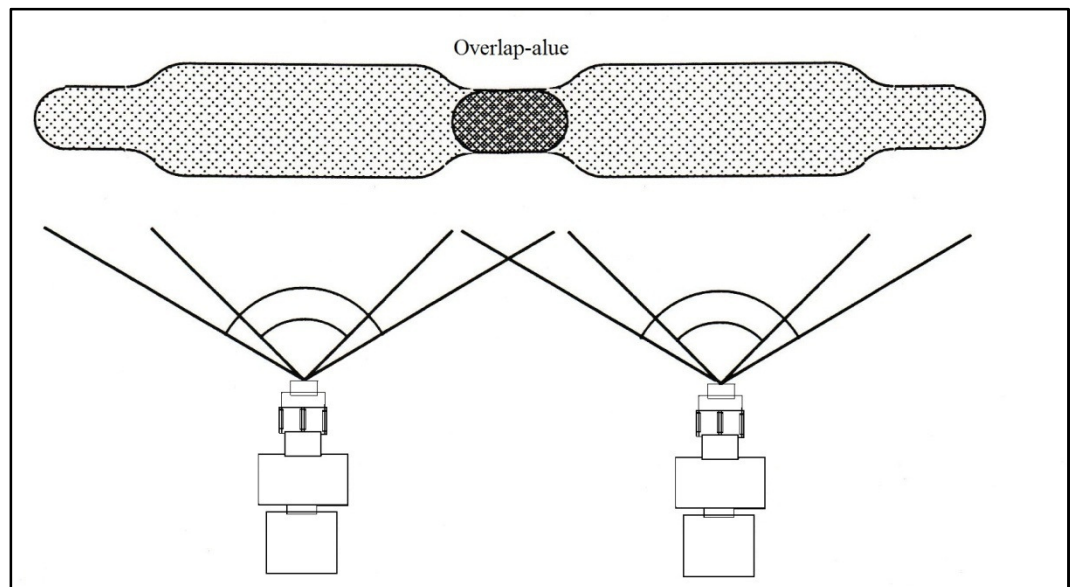
KUVIO 9. Solenoidi-, eli magneettiventtiili

4.5.3 Suutinongelmat

Kostutusvesijärjestelmään mahdollisesti kerääntyneet kiintoaineet tai bakteerit voivat aiheuttaa suuttimien osittaisia tai kokonaisia tukkeutumisia, kuten kuvio 10 osoittaa. Tukkeuman aiheuttaman sumutuskuvion muutosta voidaan kompensoida ainoastaan overlap-, eli kahden suuttimen sumutuskuvion päällekkäisalueella toisella suuttimella (kuvio 11). Tämä voi edesauttaa sävyttymisen estona osittain tukkeutuneen suuttimen kohdalla, mutta vastaavasti aiheuttaa kompensoivan suuttimen sumutuskuvion kohdalla päinvastaisen ilmiön, vesimarkkeerauksen. Tällöin painoväriin emulgointikyky on ylittynyt, mikä ilmenee vaaleampina alueina painoarkin takaosassa tai epätasaisuutena painopinnassa. Kostutusveden ominaisuudet vaikuttavat veden annostelun toleranssiin ilman vesimarkkeerauksen syntymistä.



KUVIO 10. Osittain tukkeutuneen suuttimen muodostama suihkutuskuvio

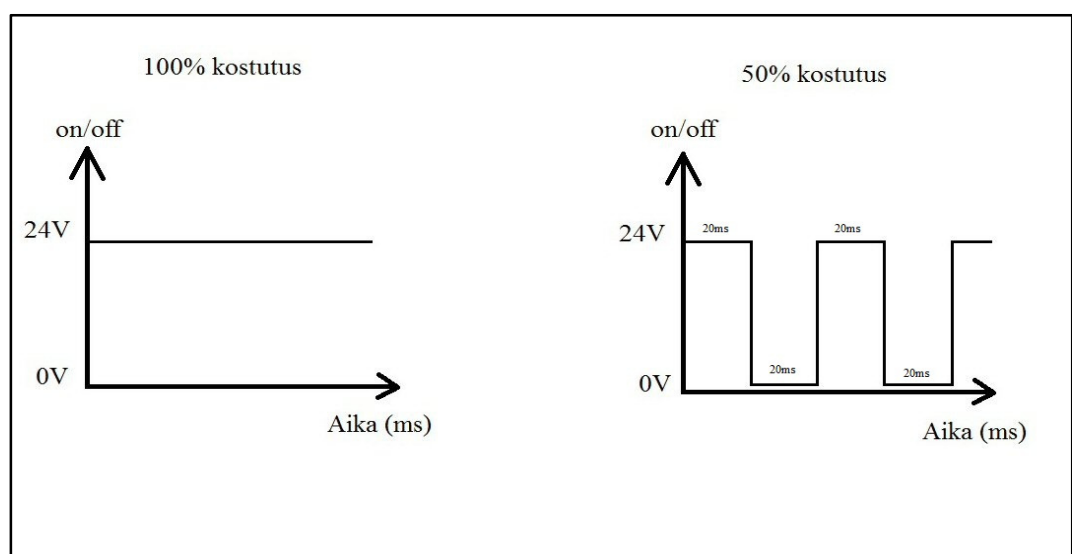


KUVIO 11. Overlap-alueen muodostuminen kahdella suuttimella

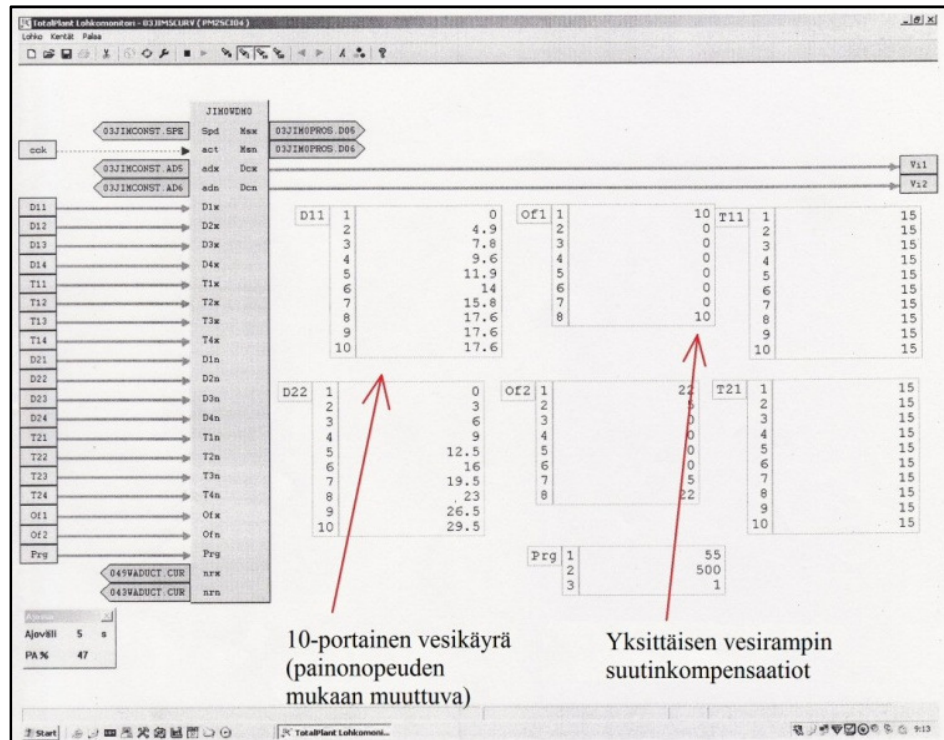
4.6 Kostutusveden annostelu ja ohjaus

Kostutusveden annostelun muodostaa vesikäyrä, joka on ennalta määritelty painonopeuden suhteen muuttuva prosessi (kuvio 13 ja 14). Tämä prosessi kuvastaa veden annostelua koko paperiradan leveydelle, mutta painaja pystyy ohjelmallisesti ohjaamaan jokaista suutinta yksilöllisesti ja muuttamaan niiden keskinäisiä kompensaatioita suihkukuvion pysyessä kuitenkin vakiona. Kokonaisen vesikäyrän nostaminen tulee kyseeseen esimerkiksi sivujen aukaisemisessa alkutuotannossa. Veden annostelun tarpeellisen määrään vaikuttaa suurimmaksi osaksi sivun väritarve, mutta myös paperilaatu ja veden ominaisuudet.

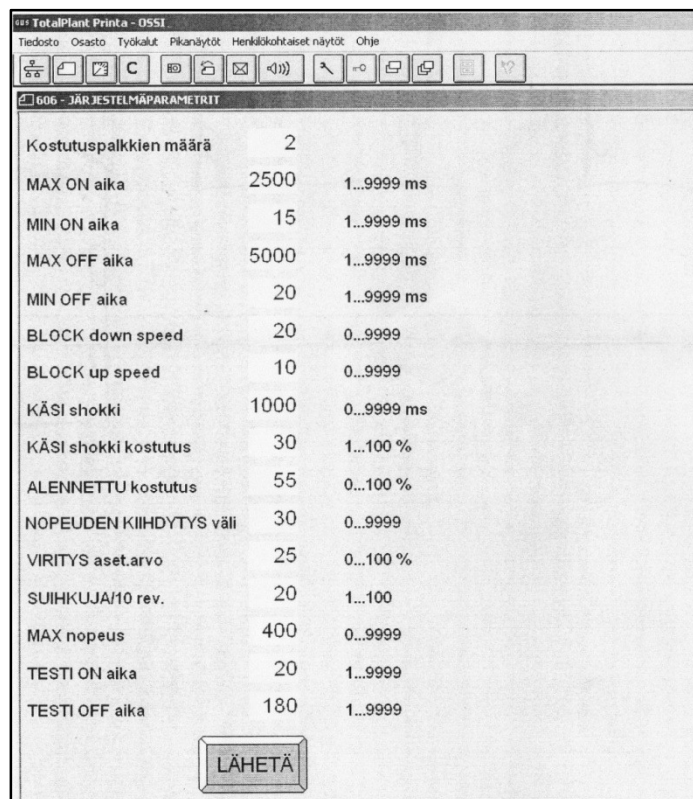
Suuttimien ohjauksessa, solenoidiventtiilille annetaan 24V:n jännitepulsseja (kuvio 12). 100 %:n kostutuksessa venttiilille tulee jatkuva 24V:n jännite, jolloin venttiilin läpi kulkee jatkuva vesivirtaus. 50 %:n kostutuksella pulssi ja pulssin välinen lepoaika ovat yhtä pitkiä, mikä graafisesti esitettynä on kanttiaaltoa. Normaalisti venttiilin aukioloaika on säädetty 20 ms pituiseksi, ja kostutusta säädetään määrittelemällä kiinnioloaika lyhyemmäksi tai pitemmäksi. 100 % kostutusta voidaan käyttää painon alussa sivujen aukaisemisen auttamiseksi ja makulatuurin vähentämiseksi. Tätä kutsutaan vesishokiksi, ja sen käytöstä päättää painaja. Riski paperikatkosta suurenee huomattavasti paperin vetolujuuden pienentyessä veden lisäyksen seurauksena.



KUVIO 12. Magneettiventtiilin ohjausjännite eri kostutustasoilla



KUVIO 13. Valmiiksi määritetytjä esiasetuksia



KUVIO 14. Kostutusveden järjestelmäparametreja

5 ENTISET LISÄAINEANNOSTELUN MITTAUS- JA SEURANTAMENETELMÄT

Ennalta räätälöityjen ominaisuuksien toimivuus painoprosessissa vaatii myös tarkan tasaisuuden lisäaineen annostelussa. Kostutusvesivalmistajan ohjeiden mukaisesti tulisi lisäainekonsentraatin annostelun pysyä 2.5 % – 3.0 % alueella kostutusveden kokonaismäärästä. Kohdearvona pidetään 3.0 %:a ja minimiarvona 2.5 %, jolloin veden ominaisuudet alkavat jo vaikeuttaa painamista. Yli 3.0 % pitoisuudella ei ole painojälkeen yhtä suurta vaikutusta, kuin sen alittavalla pitoisuudella. (Manroland. 2010.)

Suorasekoitusjärjestelmän annostelun toimivuutta seurattiin tekemällä mittauksia, kahden viikon – kuukauden välein, läpi vuoden. Mittausta varten valmistettiin manuaalisesti 3 % lisäainetta ja 97 % läpimenoainetta sisältävä liuos, josta mitattiin aineen konduktiivisuus $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Perusyksikkö S/m , Siemensiä/metri), joka on resistiivisyyden käänteisarvo, sekä lämpötila ($^{\circ}\text{C}$) ja happamuus (pH). Tämä liuos toimi konduktiivisuuden puolesta vertailu- ja tavoiteliuksena.

Suorasekoittajajärjestelmästä aukaistiin laboratorioventtiili näytteenottoa varten, jolloin järjestelmä käynnistyi pitäen verkon paineen tasaisena ja aloittaen kostutusveden valmistamisen. Hanan aukaisuasteella yritettiin kopioida painoprosessin vaatimaa nesteen kulutusta. Kostutusveden annettiin juosta hetken ennen näytteenottoa. Tälle liuokselle tehtiin vastaavat sähkönjohtavuuden ja happamuuden mittaukset kuin vertailuliuoksellekin. Sähkönjohtavuudesta saadun tuloksen mukaan säädettiin pumpun iskunpituutta säätönupista, jolloin annostelun suuruus muuttui. Muutoksia tehtiin, kunnes liuoksien tulokset vastasivat toisiaan konduktiivisuuden puolesta, jolloin tiedettiin lisäaineannostelun olevan oikea. Säätyön suorittamiseen vaikuttava toleranssialue oli häilyvä ja enemmänkin mielipiteestä kiinni. Mittaustulokset merkittiin suorasekoittajalaitteiston kyljessä olevaan taulukkoon (kuvio 15).

ESA LEHTIPAINO OY										KOSTUTUSVEDEN SEURANTA									
pvm	29.9-09	10.10-09	14.10-09	22.10-09	30.10-09	06.11-09	14.11-09	22.11-09	30.11-09	08.12-09	16.12-09	24.12-09	31.12-09	07.01-10	14.01-10	21.01-10	28.01-10	04.02-10	11.02-10
Lisäaine	HF		HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Batch n:o (valm. n:o)	0570		0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570	0570
Mittaja	UFE																		
Raakaveden kovuus	7		99	9	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Raakaveden ph	5.74		5.73	5.89	5.80	5.75	5.72	5.71	5.73	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
Raakaveden lämpötila	14.2		20.5	21	20	20.7	20.5	14.2	13.7	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2
Raakaveden sähkönkj.	526		484	482	472	435	476	479	465	472	472	472	472	472	472	472	472	472	472
Sähkönjohtokyky 3% seok.	1613		1630	1684	1700	1677	1681	1440	1461	1459	1459	1459	1459	1459	1459	1459	1459	1459	1459
Mikseri 1 sähköjohtok.	1395	1577	1563	1642	1650	1670	1675	1393	1399	1421	1421	1421	1421	1421	1421	1421	1421	1421	1421
Mikseri 1 lisäaine %	2.60		2.77	2.92	2.91	2.95	2.98	2.90	2.87	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92
Mikseri 1 lämpötila	18.6		20.5	20.3	18.7	18.6	19.8	15.8	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
Mikseri 1 ph	4.73		4.72	4.74	4.67	4.61	4.63	4.48	4.46	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42
Mikseri 2 sähköjohtok.	1705	1501	1542	1572	1666	1663	1663	1460	1420	1412	1412	1412	1412	1412	1412	1412	1412	1412	1412
Mikseri 2 lisäaine %	2.02		2.74	2.80	2.84	2.97	2.97	3.04	2.91	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
Mikseri 2 lämpötila	19.4		20.5	20.4	19	18.5	19.4	17	16.1	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6
Mikseri 2 ph	4.76		4.71	4.72	4.78	4.60	4.66	4.45	4.47	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42

pvm	28.1-10	10.2-10	24.2-10	11.3-10															
Lisäaine	HS	HS	HS	HS															
Batch n:o (valm. n:o)	0570	0570	0570	0570															
Mittaja																			
Raakaveden kovuus	5	5	5	10															
Raakaveden ph	5.89	5.82	5.86	5.58															
Raakaveden lämpötila	17.4	17.2	17.5	20															
Raakaveden sähkönkj.	466	469	463	558															
Sähkönjohtokyky 3% seok.	1446	1436	1421	1535															
Mikseri 1 sähköjohtok.	1413	1402	1409	1485															
Mikseri 1 lisäaine %	2.93	2.93	2.97	2.96															
Mikseri 1 lämpötila	15.3	15.2	16.5	17.3															
Mikseri 1 ph	4.46	4.49	4.47	4.54															
Mikseri 2 sähköjohtok.	1457	1410	1405	1521															
Mikseri 2 lisäaine %	3.02	2.94	2.96	2.96															
Mikseri 2 lämpötila	16.1	16.9	16.2	16.8															
Mikseri 2 ph	4.51	4.49	4.43	4.52															

KUVIO 15. Vanha kostutusveden seurantakortti

5.1 Seurannan ongelmat

Tässä yhteydessä taulukkoon perustuva laadunvalvonta oli hieman epämääräinen käsite. Tulostaulukkoon merkittiin ainoastaan mahdollisten korjausten jälkeiset arvot, eli ns. kalibrointi-arvot. Tämä kertoi ainoastaan sen, että mittauspäivänä laitteet olivat kalibroitu merkittyihin arvoihin. Erinomaisesti onnistuneiden säätöjen jälkeen taulukko olisi näyttänyt aina samalta. Taulukosta ei sen sijaan näkynyt kahden säädön välillä tapahtuneiden muutosten arvoja. Näiden tulosten perusteella oli mahdotonta tehdä päätelmiä mahdollisista vikakohteista tai ymmärtää sekoittajalaitteiston toimivuutta edes lyhyellä aikajanelalla. Kostutusvedestä ei ollut muunlaista seurantaa.

5.2 Mittauksen ongelmat

Mittausvälineissä ja tekniikassa oli tarkastettavaa. Mittauksessa käytettävässä Hanna Instruments 991300-mittarin ja anturin välisessä johdossa oli osittainen katkos, joka vääristi mittaustuloksia – jopa peräkkäisissä tehdyissä mittauksissa samasta näytteestä. Mittarissa on automaattinen lämpötilan kompensointi, joka poistaa lämpötilatekijän konduktiivisuuden ja happamuuden tuloksista. Johdossa tapahtuvan katkoksen aikana kompensointi ei toiminut. Mittari esitetty kuviossa 16.

Vertailuliuoksen valmistuksessa käytettiin 2000 ml:n kannua ja 20 ml:n ruiskua. Kannuun kaadettiin silmämääräisesti läpimenoainetta noin 1000 ml, ja sen lisäksi ruiskulla annosteltiin kahdessa erässä yhteensä 30 ml lisäainetta. Annostus oli epätarkkaa ison mittakannun vuoksi, ja annostelussakin oli perusvirhe (1000 ml + 30 ml) johtaen 2,91 %:n lisäainepitoisuuteen. Tämä ei vaikuta suurelta, mutta kun huomioidaan pieni toleranssiväli valmiissa kostutusvedessä, ja tällä helposti eliminotavalla mittavirheellä kulutettiin jo lähes 20 % tavoitearvon alapuolisesta toleranssista.

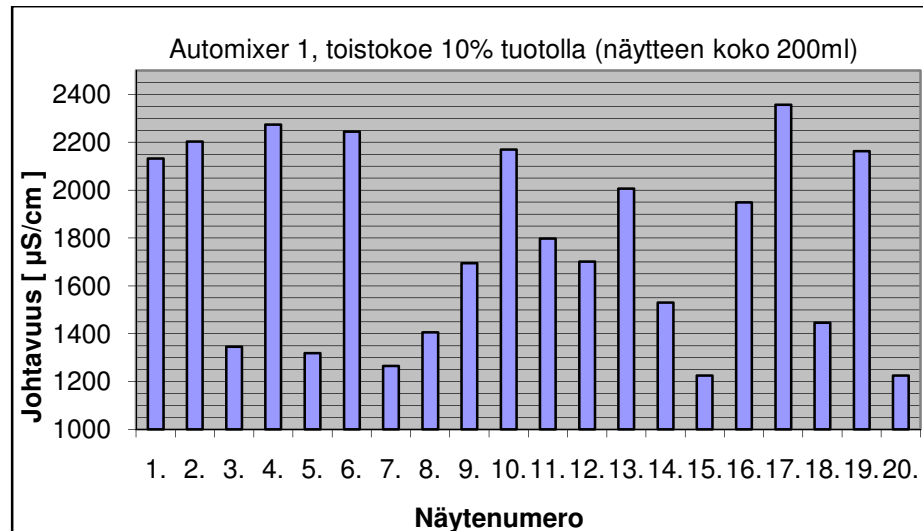
Mittausttiheydessä oli myös varaa parantaa. Ongelmana tässä oli se, että mittaukset kuuluivat yhden miehen tehtäväksi. Mittauksia tehtiin, kun muut työt antoivat sille aikaa – ja aina muistettaessa. Tämän takia mittausten väli saattoi olla kuu-kaudenkin pituinen.



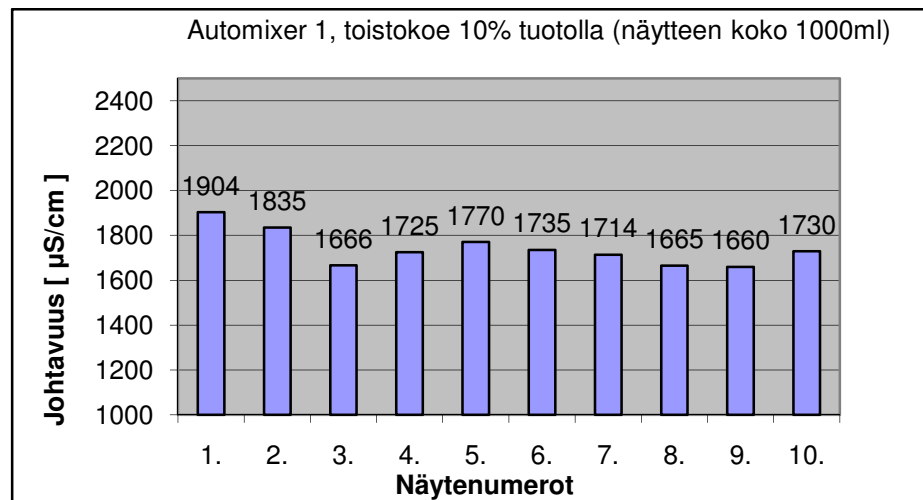
KUVIO 16. HI991300-mittari

5.3 Näytteenoton ongelmat

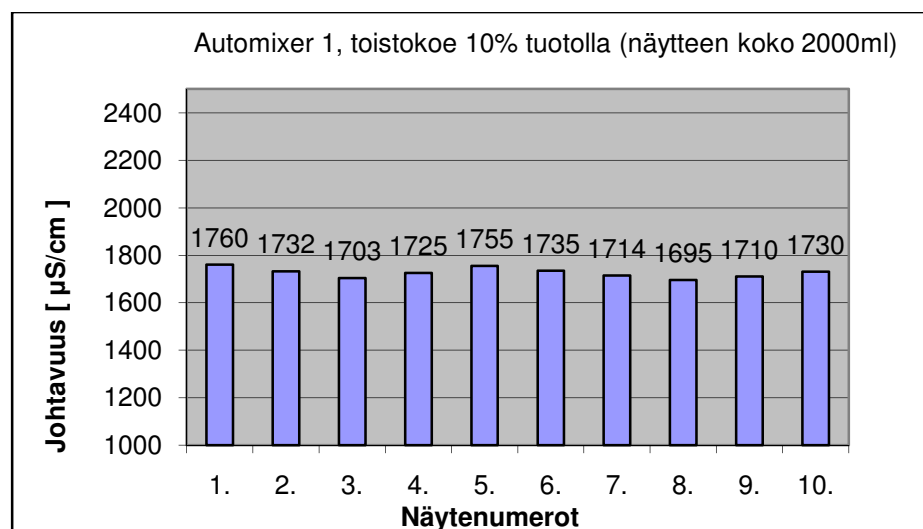
Suorasekoitusjärjestelmän ohjeiden mukaan laboratoriohanaa voidaan käyttää näytteenotossa. Valmistajan mukaisesti liuoksen lopullinen sekoittuminen tulisi tapahtua järjestelmän sisällä sijaitsevassa mixeriosassa. Tämä sekoitin on käytännössä syöttölinjassa oleva suora putki, jonka sisällä muodostetaan pyörre virtauksenestolevyjen avulla. Testit osoittivat, että otetun näytteen suuruus vaikutti näytteen pitoisuuteen huomattavasti, eikä liuos ollut tasaisesti sekoittunut pienemmillä näytteillä (kuviot 17, 18 ja 19).



KUVIO 17. Näytteen koko 200ml



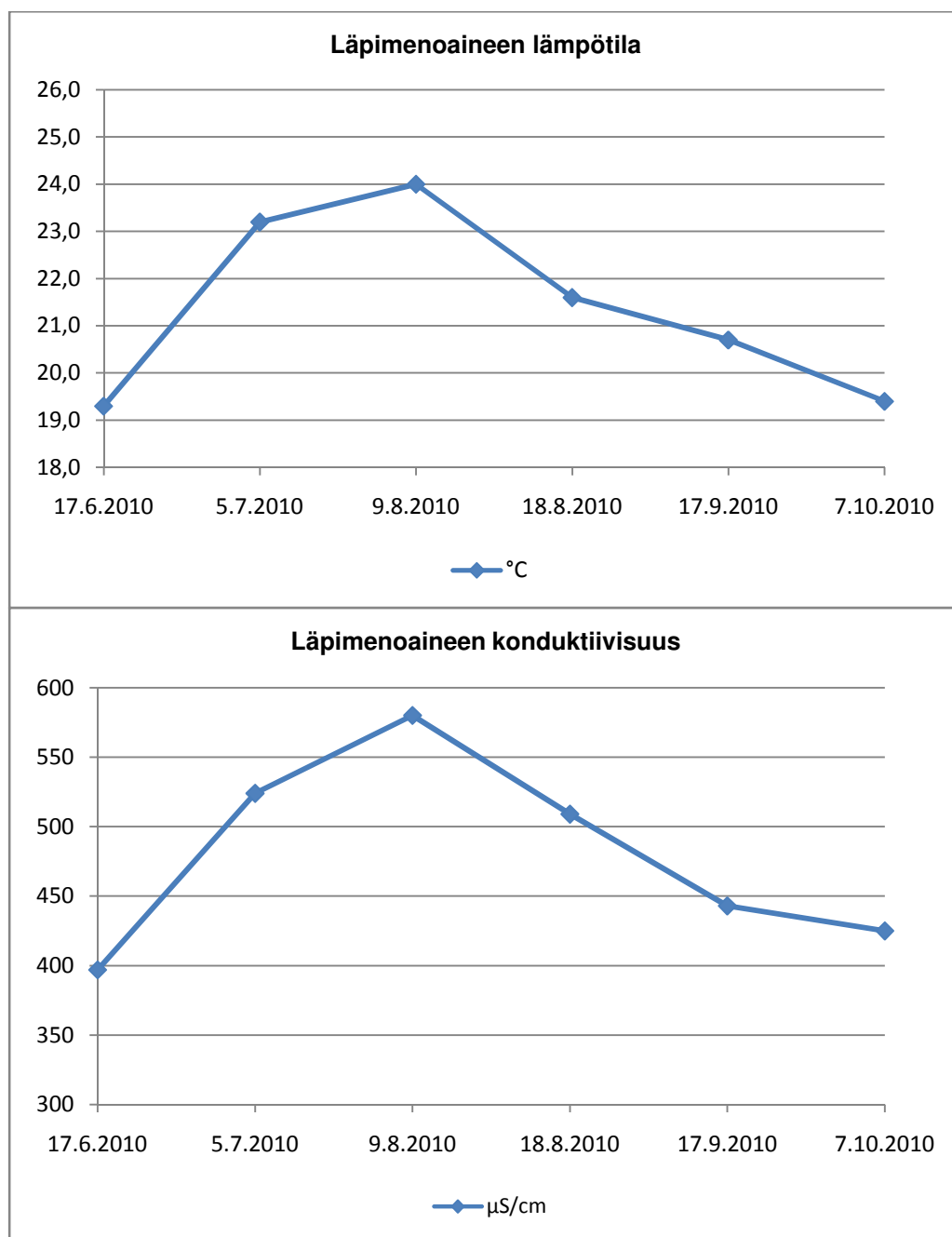
KUVIO 18. Näytteen koko 1000ml



KUVIO 19. Näytteen koko 2000ml

5.4 Lämpimenoaineen konduktiivisuuden tasaisuuden ongelmat

Pidempiaikaisilla mittauksilla osoitettiin, että läpimenoaineen sähkönjohtavuus oli osittain verrannollinen aineen lämpötilaan (kuvio 20). Kovettajan annostelun säätöön ei tänä aikana koskettu. Lämpötilakompensaation toimivuus tuli jälleen kysymykseen, vaikka mittarin viallinen anturi oli jo tässä vaiheessa uudistettu.

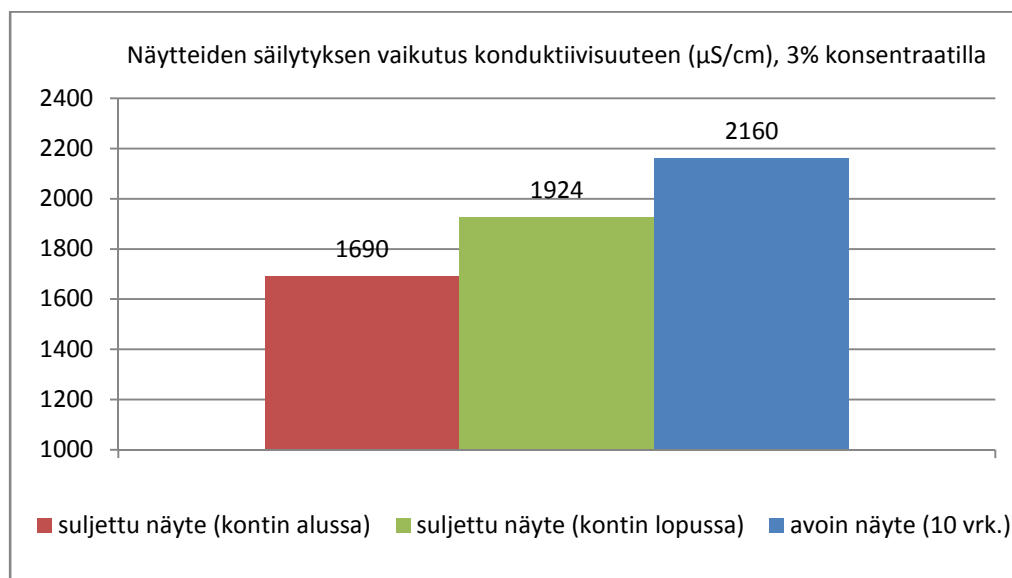


KUVIO 20. Lämpötilan ja konduktiivisuuden suhde havainnollistettuna kahdella kuvaajalla

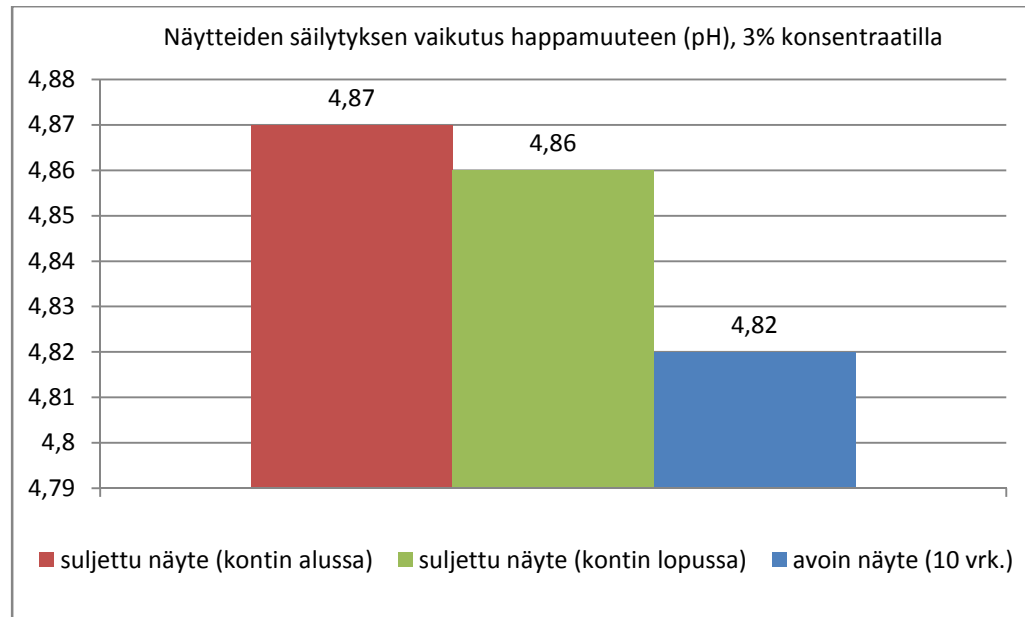
5.5 Mittaustulosten vertailuissa esiintyneet ongelmat

Eri aikana tehtyjen mittausten tuloksia ei voinut suoraan verrata keskenään. Testisarjoissa ilmeni, että avatun kontin sisältämä lisäaine muuttui konduktiivisuuden ja happamuuden puolesta pitemmällä aikajanaalla (kuviot 21 ja 22). Tämä johtui nesteen vähittäisestä väkevöitymisestä.

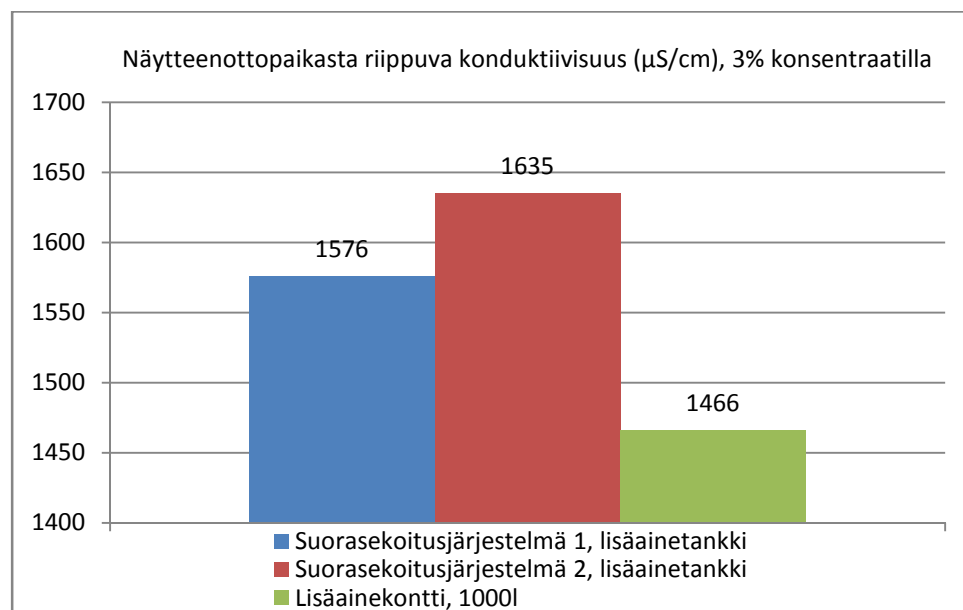
Annostelun mittaamisessa tulisi myös ottaa huomioon, mistä konsentraatista vertailuliuos tehdään, koska konduktiivisuuden suuruudet vaihtelivat riippuen siitä, tutkittiinko kontin vai jommankumman sekoittajalaitteiston säiliön sisältämää konsentraattia (kuvio 23). Toisella sekoittajalaitteistolla oli suurempi käyttöaste kuin toisella, joten konsentraatin kiertoaika oli myös pienempi.



KUVIO 21. Säilytyksen vaikutus konsentraatin johtavuuteen



KUVIO 22. Säilytyksen vaikutus konsentraatin happamuuteen



KUVIO 23. Näytteiden konduktiivisuuden tulokset käytettäessä eri lähteiden konsentraattia

5.6 Lisäaineen siirtämisessä esiintyneet ongelmat

Konsentraatin määrän tarkistaminen suorasekoittajajärjestelmän säiliöstä kuuluu tuotannossa yhden miehen tarkastuslistalle, ja ainetta lisätään aina tarvittaessa. Jos säiliö on unohdettu tarkistaa heti vuoron alkaessa, niin ainetta siirretään joskus kesken tuotannon. Etenkin kun lisäaine on loppumassa varastokontista, siirron yhteydessä pumppu sitoo runsaasti ilmaa lisäaineen joukkoon. Vetomitalla suoritettut testit osoittivat, että ilmaa kykenee sitoutumaan nesteeseen 7 %:n edestä. Kun suorasekoitusjärjestelmän pumppu siirtää ilmaa sisältävää lisäainetta injektorin kautta verkostoon, tämä vaikuttaa lisäaineen pitoisuuteen tiputtaen sen 3 %:sta 2.8 %:iin. Kaasun sitoutuvuus nesteessä puolittuu 5 minuutin kohdalla ja laskee lähes 0 %:iin 10minuutin kuluttua. Tätä hetkittäistä lisäaineen alentumaa suurempi ongelma saattaa olla ilma, joka aiheuttaa pieniä katkoksia kostutusveden suihkutuksessa. Laadullisesti tuota on erittäin vaikea todistaa, mutta se tulee ottaa huomioon mahdollisena laadun heikentävänä tekijänä.

6 ONGELMIEN ANALYSOINNIT JA RATKAISUT

6.1 Valvontakortin valinta ja teoriaa

Vanha sekoitusjärjestelmän kylkeen teipattu valvontakortti tuli uudistaa. Uudistuksessa taulukossa otettiin huomioon mittauksien välillä tapahtuneet muutokset, jotka kertovat laitteen toiminnasta enemmän kuin vain kalibrointi-arvot (kuvio 24). Tämän lisäksi arvot tulee siirtää graafiseen muotoon, joka helpottaa seurannan analysointia (kuvio 25). Myös lisäainerien vaihdoksista tulee tehdä merkinnät. Lisäainevalmistajan kanssa tulee käydä neuvottelu mahdollisesta lisäaineen spesifikaatiokortista, jossa toimittaja ilmoittaa erän lisäksi myös aineen johtavuuden. Lisäaineen johtavuus on niin korkea, että sitä ei pystytä toteamaan yrityksen mittarilla ilman konsentraatin laimentamista. Puhtaan konsentraatin johtavuus voidaan selvittää ainoastaan laskemalla. Spesifikaatiokortin tieto auttaisi ymmärtämään yllättäviä muutoksia mittaustuloksissa ja edesauttaisi mahdollisten ongelmatilanteiden selvittämisessä.

Valvontakortin valintaa suoritettaessa tulee muistaa, että mittaukset suoritetaan jatkuvasta, eikä yksittäisestä tuotteesta. Se muuttaa mittausten luonnetta, jolloin keskiarvo saadaan helpommin tuotteen näytekokoa kasvattamalla, ei lisäämällä pienten yksittäisten näytteiden sarjaa. Tämä muuttaa myös seurannan luonnetta, jolloin näyte-eristä riippuvainen ja perinteinen SPC voidaan katsoa vaikeaksi toteuttaa. Kostutusvesiannostelijan ja sekoittajan toiminta on sellainen, että näytteerien määrää tulisi kasvattaa todella suureksi ennen kuin sen voitaisiin katsoa toimivan oikein hajontaa ja keskiarvoa laskettaessa, kuten kuvio 17 osoittaa. Tuote kuitenkin muuttuu matkalla ennen kuin sen todelliset ominaisuudet tulevat esille. Tämä on se tekijä, joka määrittelee lopulliseen kostutusveden laadun. Näin ollen pienet ja huonostisekoitetut näyte-erät antaisivat vääristyneen kuvan verrattuna valmiiseen ja kunnolla sekoittuneeseen kostutusveteen, joka on myös se lopullinen tuote, jota tulisi tarkastella. Nykyisellä näytteenottoaikalla suoritettava pienillä näyte-erillä suoritettava SPC antaisi kuvan vielä keskeneräisestä tuotteesta, eikä se olisi laaduntarkkailullisesti järkevää.

SPC:n sana tilastollinen (statistical) tarkoittaa tietojen keräämistä, niiden käsittelyä ja tulosten arviointia. SPC:n tärkeimpinä tilastollisina tunnuslukuina pidetään:

- *keskiarvo: havaintojoukon mittojen keskiarvo*
- *vaihteluväli: havaintojouko suurimman ja pienimmän mitan erotus*
- *keskihajonta: mittaustulosten luonnollisen vaihtelun keskimääräistä suuruutta kuvaava tunnusluku*

(Järnefelt 1993, 8)

Valvontakortin täyttö työpisteessä:

1. *Mittaa viisi peräkkäistä seurattavan prosessin tulosta (esim. kappaletta) ja merkitse mittaustulokset korttiin niille varattuihin kohtiin. On tärkeää, että tätä viiden työkappaleen näytettä ei oteta säännönmukaisesti juuri samaan aikaan joka kerta, jotta näyte-eriin tulisi mittaustuloksia kaikista tuotannon aikavaiheista (ennen ja jälkeen aamukahvin, lounaan jne.). Noudata kuitenkin näytteenottoväliä näytteenottokertojen osalta (esim. 2/vuoro).*
2. *Laske näyte-erän mittaustulosten keskiarvo (X) ja kirjoita se korttiin asianomaiseen kohtaan.*
3. *Laske näyte-erän suurimman ja pienimmän arvon erotus, (vaihteluväli) ja kirjoita se korttiin kohtaan R .*
4. *Merkitse valvonta-alueisiin pisteellä edellä laskettu keskiarvo ja vaihteluväli.*
5. *Yhdistä viivalla juuri merkityt pisteet aikaisempiin pisteisiin, jolloin korttiin muodostuvat prosessia kuvaavat X :n ja R :n valvontakäyrät.*
6. *Tarkista, onko jokin käyrien piste valvontarajojen ulkopuolella. Mikäli joku rajoista ylittyy, prosessissa vaikuttaa jokin häiriötekijä. Häiriön syy tulee etsiä ja sen vaikutus poistaa, ennen kuin toimintaa voidaan jatkaa normaalisti.*
7. *Tarkista, onko käyrän muodossa säännönmukaisia piirteitä*

(Järnefelt 1993, 49)

Edellä mainittujen arvojen saaminen kostutusveden näytteistä ei vastaisi todellista tilannetta onnistuneen laadunvalvonnan näkökulmasta. Ainoastaan kostutusveden näytteidenottoa paikan muutoksella voitaisiin toteuttaa tyypillinen SPC, koska laboratorioventtiilistä otettu näyte on vielä prosessinäkökulmasta katsottuna kesken-eräinen tuote. Näytteenottoa paikan muutoksesta aiheutuisi kuitenkin työmäärän ja ongelmien lisääntymistä. Näytteen tilavuuden kasvattaminen isoissa erissä tulisi myös ekologisuuden pohjalta kannattamattomaksi. Valmista kostutusvettä, joka on otettu järjestelmästä, ei ole mahdollista syöttää takaisin kostutusvesiverkkoon. Tästä aiheutuisi ylimääräistä jätettä.

Näiden asioiden johdosta, yhtiön on aika siirtyä Pre-Control-korttiin.

Tämä valvontakorttityyppi ei varsinaisesti ole tilastollista ohjausta, vaan prosessin suorituskyvyn pakko-ohjausta toleranssien mukaan. Tämän kortin käyttöön liittyy vaara, että hajonnan pienentämisen sijaan huomio keskittyy keskiarvon ohjaukseen. Siksi tekniikka herättää myös vastustusta.

Korttiin merkitään toleranssin ylin ja alin neljännes keltaisella ja näiden väli vihreällä. Toleranssin ulkopuolinen alue on punainen. Mittaustulokset merkitään korttiin. Tuloksia tarkastetaan aina kahden peräkkäisen näytteen ryhmänä eli aina kun saadaan uusi tulos, muodostetaan siitä ryhmä edellisen kanssa ja tulkitaan seuraavien sääntöjen mukaan:

2 vihreällä	→	jatka
vihreä ja keltainen	→	jatka
2 keltaista	→	pysäytä
yksikin punainen	→	pysäytä

Pysäyttäminen tarkoittaa sitä, että prosessin käyttö keskeytetään ja etsitään pysäytyksen aiheuttanut erityisyys. Vakiintuneessa tilanteessa näytevälin maksimi on keskimääräinen pysäytyksen väli / 6. Py-

säyttämisen jälkeen tilanne on normaali, kun 5 peräkkäistä havaintoa on vihreällä alueella.

Kortin etuja:

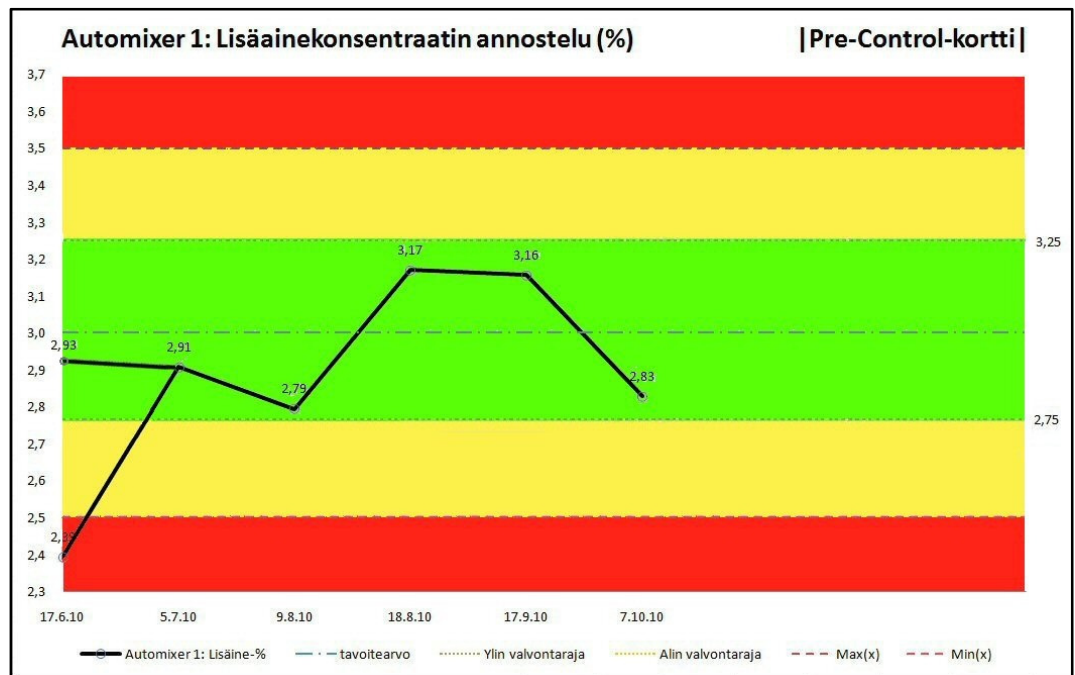
- *Helppo teoria eikä tarvita laskemista*
- *Kortti on havainnollinen*

(Salomäki 1999, 269)

Mittaukset suoritetaan aina painon ollessa pysähdyksissä, joten jatkaminen ja pysäyttäminen voidaan muuttaa säädön tarpeettomuudeksi ja tarpeellisuudeksi. Kortin havainnollistava vaikutus on myös merkittävä tekijä varsinkin aikaisempaan malliin verrattuna. Helpot säännöt myös poistavat mittaaajan epäröinnin osatekijänä säätötyön tarpeellisuudelle. Kuvaajaan piirretään aina ensimmäisen mittauksen todellinen arvo, ja mahdollisen annostelun säädön jälkeinen arvo lisätään myös graafiin. Näin ollen siinä näkyvät myös tehdyt korjaukset.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Päivämäärä	17.6.10	5.7.10	9.8.10	18.8.10	17.9.10	7.10.10	
2	HUOMIOITAVAA (korjaukset/huollot,					suodattimen		näytteenotto
3	erän vaihto, yms.)					vaihto		muutettu
4	Läpimenoaineen kovuus (°dh)	8	9	11	9		9	
5	Läpimenoaineen lämpötila (°C)	21,3	23,2	24,0	21,6	20,7	17,4	
6	Läpimenoaineen sähkönjohtokyky (µS/cm)	397	524	580	519	443	425	
7	Läpimenoaineen happamuus (pH)	6,15	6,08	6,05	6,06	6,04	5,94	
8								
9	Mikseri 1: Sähkönjohtokyky (µS/cm) 3% seok. Manuaalinen!	1835	1824	1970	1607	1629	1745	
10	Lämpötila (°C)	18,7	22,7	23,7	21,8	20,4	18,4	
11	Mitattu sähkönjohtokyky (µS/cm)	1464	1768	1835	1698	1714	1645	
12	Mikseri 1: Lisäaine-% (tulostuu automaattisesti, älä laske)	2,39	2,91	2,79	3,17	3,16	2,83	
13	Mitattu: Muutoksen jälkeinen sähkönjohtokyky (µS/cm)	1791						
14	Mikseri 1: Muutoksen jälkeinen lisäaine-% (tulostuu automaattisesti, älä laske)	2,93						
15	Mitattu happamuus (pH)	4,78	4,79	4,83	4,81	4,85	4,77	
16	Muutoksen jälkeinen happamuus (pH)	4,78						
17								
18	Mikseri 2: Sähkönjohtokyky (µS/cm) 3% seok. Manuaalinen!	1835	1824	1970	1607	1629	1745	
19	Lämpötila (°C)	19,0	24,9	25,1	24,9	22,0	22,4	
20	Mitattu sähkönjohtokyky (µS/cm)	1771	1785	1693	1826	1552	1556	
21	Mikseri 2: Lisäaine-% (tulostuu automaattisesti, älä laske)	2,90	2,94	2,58	3,41	2,86	2,68	
22	Mitattu: Muutoksen jälkeinen sähkönjohtokyky (µS/cm)			1937	1661		1770	
23	Muutoksen jälkeinen lisäaine-% (tulostuu automaattisesti, älä laske)							
24	Mitattu happamuus (pH)	4,80	4,81	4,78	4,80	4,82	4,78	
25	Muutoksen jälkeinen happamuus (pH)			4,82	4,85			
26								
27	Mikseri 1: Laskennallinen konduktiivisuus (µS/cm)	48330	43857	46913	36786	39976	44425	0
28	Mikseri 2: Laskennallinen konduktiivisuus (µS/cm)	48330	43857	46913	36786	39976	44425	0

KUVIO 24. Uudistettu kostutusveden seurantataulukko (näytteenottopaikkaa ei vielä huomioitu tuloksissa)

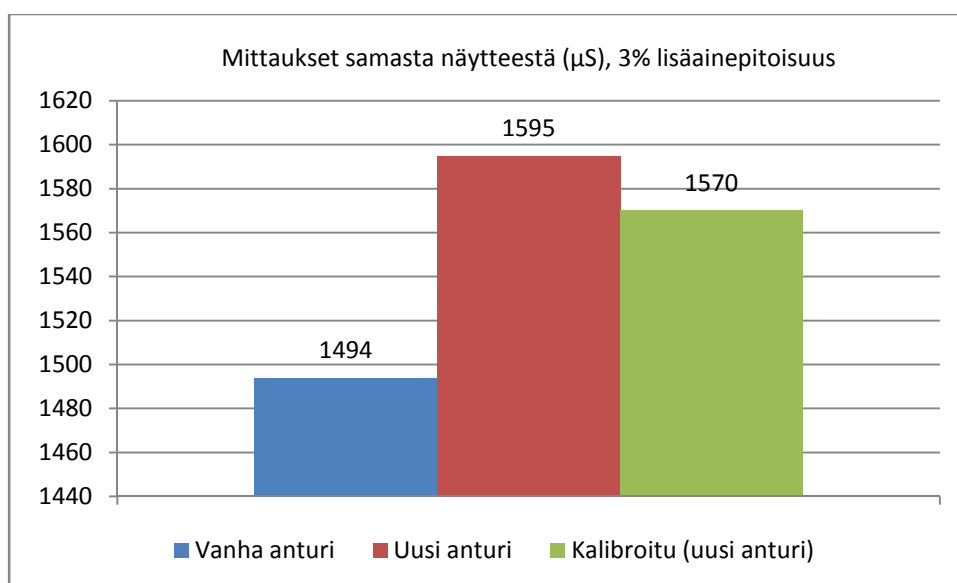


KUVIO 25. Toisen sekoittajalaitteiston Pre-Control-kortti, jossa toleranssien lisäksi toimintarajat

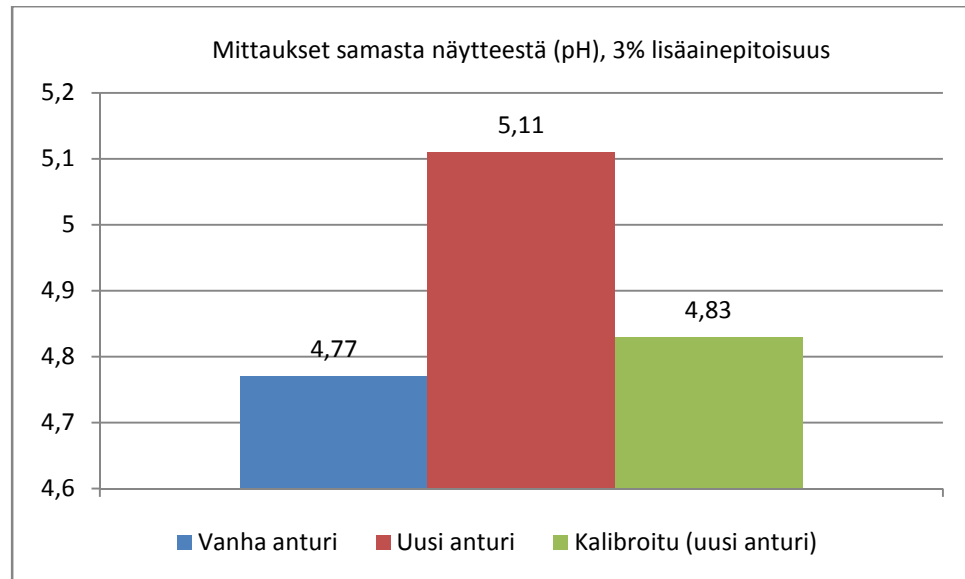
6.2 Mittaus

Liuosten annostelun mittaustekniikka muutettiin veto- eli tilavuusmittauksesta painomittaukseen. Apuna mittauksissa käytettiin KERN EMB2200-vaakaa, joka kykeni $\pm 2\text{g}$ tarkkuuteen mittapainon ollessa 1000g. Tämä edesauttoi vertailulioksen parempaan tarkkuuteen ja pienensi virheiden riskiä. Lämpimenoaineen ja lisääineen tiheyksissä (ominaispainoissa) oli lähes olematon ero, joten mittaustavan muutoksessa ei tullut sen suhteen ongelmaa.

HI-993100 mittariin vaihdettiin uusi anturi johtuen mittaustuloksia vääristävistä, lämpötilakompensoinnin ongelmista. Mittari kalibroitiin siihen tarkoitetuilla nesteillä happamuuden ja konduktiivisuuden suhteen (kuviot 26 ja 27). Anturin elektrodin oikeinsäilytys sille tarkoitettussa nesteessä (kalibrointineste) tuli myös mahdolliseksi lisäten anturin eliniän odotetta.



KUVIO 26. Anturin vaihdon ja kalibroinnin vaikutus konduktiivisuuteen lämpötilan pysyessä stabiilina



KUVIO 27. Anturin vaihdon ja kalibroinnin vaikutus happamuuteen lämpötilan pysyessä stabiilina

6.3 Näytteenotto

Sekoittajajärjestelmästä otettavan näytteen suuruutta muutettiin isommaksi, 2000 ml:n suuruiseksi aikaisemmin sen vaihdella 500 ml:n – 1000 ml:n välillä. Kuviot 17. ja 18. osoittivat näytteen suuruudella olevan huomattava merkitys annostelun tulokseen. Näytteen koon ollessa 200 ml lisäainepitoisuus vaihteli 1.8 – 4.7 %:n välillä. Isommalla, 1000 ml:n näytteellä pitoisuuden vaihtelua tapahtui 2.9 – 3.4 %:n välillä ja 2000 ml:n näytteellä konsentraatti pysyi 2,9 – 3,1 %:n sisällä kokonaisliuoksesta. Vaihtelevuus johtuu huonosta aineiden keskinäisestä sekoittumisesta, joka tasaantuu näytteen koon kasvaessa. Sekoitusjärjestelmän annosteluspumppu annostelee lisäainetta syklittäin, eikä mixeriosa kykene sekoittamaan liuosta täydellisesti vastoin valmistajan ohjeita. Kostutusvesisuuttimilta otettujen näytteiden tulokset osoittivat kuitenkin, että kostutusvesi oli sekoittunut verkossa painokoneelle tultaessa, joten sekoitukseen ei ollut tarpeen tehdä mekaanisia muutoksia.

Tarpeeksi isolla näytteen koolla pystytään kompensoimaan pienten näytteiden muodostamaa hajontaa, ja yhdestä isosta näytteestä saadaan validi.

Liitteessä 1 näytetään tämänhetkisen mittaustekniikan vuokaavio, jossa nähdään syy–seuraussuhteet liittyen mitattaviin suureisiin sekä tarvittaessa muutosten jälkeisiin säätötoimenpiteisiin.

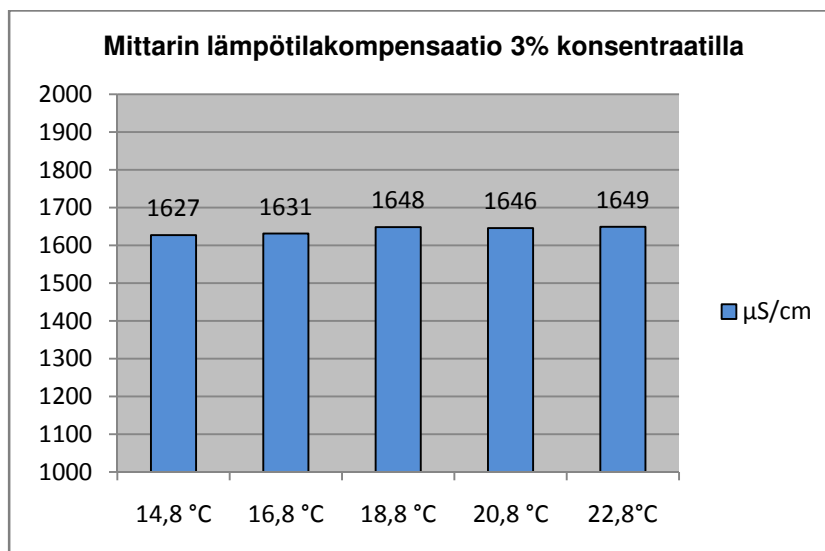
6.4 Konduktiivisuuden tasaisuus

Mittaustuloksien muutoksiin vaikuttavien tekijöiden määrää pyrittiin pienentämään tarkistamalla työn eri vaiheet. Suurimman muutoksen sähkönjohtavuuteen aiheutti konsentraatin valinta väärästä lähteestä (kuvio 23). Aikaisemmissa mittauksissa tätä ei huomioitu, ja vertailuliuos tehtiin lisäainekontin konsentraattia käyttäen.

Säätötyön tarkoituksena oli saada annostelu tarkaksi, joten vertailuliuokset tuli valmistaa käyttäen samaa konsentraattia, kuin mistä itse annostelupumppu ottaa lisäaineen. Tällöin ei enää kompensoitu lisäaineprosenttia aineen johtavuuden vaihtelevuudella. Puhtaan konsentraatin konduktiivisuudessa tapahtui lisäainekontin ja suorasekoitusjärjestelmä 2:n välillä muutosta 16 %. Kuvio 23:n tulokset näyttävät liuoksen johtavuuden, johon vaikuttaa myös senhetkisen läpimenoaineen johtavuus. Näin suuri muutos johtaisi lopulta annostelun virheelliseen korjaussäätöön, jossa todellinen lisäainepitoisuus säädettäisiin suorasekoittajajärjestelmä 2:sta alle 2,5 %:n, vaikka annostelun voitaisiin ajatella olevan optimaalinen, 3,0 %:ssa. Annostelua saadaan harvoin optimaaliseksi, joten todellinen lisäainepitoisuus voisi tippua reilusti alle minimirajan.

Läpimenoaineen johtavuuden tasaisuudessa (kuvio 20) ilmenevä korrelaatio lämpötilan ja konduktiivisuuden välillä voitiin osoittaa johtuvan lämpötilan ja käänteisosmoosilaitteiston jälkeisessä konduktiivisuuden nostossa tapahtuvasta suolan lisäyksessä. Mittarilla tehdyt lämpötilan kompensatiotestit kuviossa 28 osoittivat mittarin kykenevän tarkkaan mittaukseen lämpötilan vaihtelevuudesta huolimatta (saman näytteen lämpötilan muutos min. – max. ero 8 °C, konduktiivisuudessa +1,4 % muutos). Sen sijaan suolan rejektio kasvaa nesteen lämpötilan alentuessa aiheuttaen johtavuuden laskun. Tämä voitaisiin eliminoida jälkiasenteisella lämpötilan stabilisointijärjestelmällä, jolla taattaisiin läpimenoaineen tasainen lämpö-

tila ja sitä kautta tasainen sähkönjohtavuus. Sähkönjohtavuus ei ole painotapah-
tumassa merkittävä asia, mutta lämpötilalla on sen sijaan yhteys painojäljen laa-
tuun mm. vedensiirto-ominaisuuden myötä (esim. telastolta painolevyille), sekä
veden ja värin emulgoitumisasteen kautta. (Printcontrol; Manroland 2010)



KUVIO 28. Mittarin lämpötilakompensaatiotulokset konduktiivisuuden puolesta

6.5 Laitteistojen huolto

Käänteisosmoosilaitteisto on vielä tuore tapaus Esa Lehtipaino Oy:ssä, ja sen si-
säänajo on sujunut hyvin. Laitteisto on kuitenkin erittäin herkkä vikaantumaan ja
vaatii tietyissä asioissa huomiota. Vedenpehmennysyksiköille on luvattu pitkä
toimintatakuu, mutta regenerointisuola-astian ehtyessä ja unohtuessa täyttää peh-
mentimien elvytys ei onnistu. Tämä johtaa käänteisosmoosikalvon peruuttamat-
tomaan vahingoittumiseen. Laitteiston huoltokortti on myös jäänyt enimmäkseen
ilman huomiota (kuvio 29). Esimerkiksi käänteisosmoosikalvon puhdistus tulisi
tehdä puolivuositain, jolloin sakkaumien poisto runsaalla huuhtelulla edesauttaisi
käyttöominaisuuksien säilymistä. Käänteisosmoosilaitteisto tulisi liittää ennakko-
huolto-ohjelmaan.

Muiden laitteistojen osalta järjestelmä on suhteellisen yksinkertainen vakavempi-
en ongelmien välttämiseksi, ja vianhaku on tällöin nopeaa. Suorasekoitusjärjes-

telmissä ei käytännössä ole muita kuluvia osia kuin itse annostelijoiden pumppujen kalvot, induktiivisten magneettiputkien kestäessä todella pitkään. Kostutusvesirampeja huolletaan määräajoin, ja niissä ilmenevät viat ilmenevät painon aikana ja koostuvat pääosin jonkin likapartikkelin aiheuttamasta tukoksesta. Vedensiirtotelojen päällysteenä toimivien kumien ominaisuudet muuttuvat ajan saatossa niiden lasittuessa ja kimmoisuuden hävitessä. Tämä prosessi on kuitenkin hidasta, ja telojen vaihto kuuluu osana ennakkohuoltoon.

[illegible]

KUVIO 29. Käänteisosmoosilaitteiston huoltoseuranta

7 YHTEENVETO

Aiheen haastavuus ei tule täysin ilmi opinnäytetyössä. Kostutusvesi laadullisena tekijänä painoprosessissa on vain yksi pieni osa-alue lopullisen tuotteen laatua tarkastellessa. Muiden osa-alueiden (mm. painoväri, paperin ilmastointiaika, erilaiset paperilaadut, vallitseva ilmankosteus, painajien erilaiset työtottumukset, painotuotteiden vaihtelut, rata- ja painoyksiköiden vaihtelut, lehtien ja sivujen rakenteet) jatkuva muutos tekee valmiin tuotteen laadullisen seurannan haastavaksi ja lähes mahdottomaksi ainoastaan lisäaineen osalta objektiivisesti tarkasteltuna. Näiden äärettömän monen tekijän vuoksi päätin keskittyä tunnistamaan kostutusvesijärjestelmässä ja siten kostutusvedessä tapahtuvia muuttujia, joita voidaan tulevaisuudessa eliminoida mahdollisimman hyvin.

Kostutusveden konsentraatin pitoisuusmittauksissa ja niitä seuranneissa säätöta-
pahtumissa esiintyi sellaisia ongelmia, että jo yksinkertaisilla ja loogisilla työtapo-
jen muuttamisella sekä halvoilla mittavälineinvestoinneilla pystyttiin vaikutta-
maan annostelun onnistuneeseen säätämiseen ja vaihtelevuuden minimoimiseen.
Suurin vaihtelun aiheuttava tekijä ilmeni vertailu- ja näyte-erän muodostuminen
eri prosessista, jolloin ne eivät olleet keskenään vertailukelpoisia.

Huomattava osa työssä oli erilaisten koesarjojen kehittämistä ja suorittamista.
Näitä erilaisia sarjoja tehtiin lähes 20 kappaletta, ja näyte-erien lukumääräksi ka-
santui yhteensä 180 kappaletta, joissa eri ominaisuuksien mittauksia suoritettiin
yli 500 kappaletta. Ilman tehtyjä koesarjoja ei olisi pystytty todistamaan konsent-
raateissa tapahtuneita mitattavien suureiden muutoksia, joten todellisuudessa an-
nostelu on voinut olla pitkään jo virheellistä. Myös mittausvälineenä toimivassa
mittarissa esiintynyt ongelma muutti tulosten arvoja satunnaisesti, jotka vähensi-
vät aikaisempien tulosten todenperäisyyttä.

Entisestä seurantataulukosta saadut tiedot eivät vastanneet seurannan ylläpitämistä
vaan esittivät päivämääriä jolloin laitteistoille on suoritettu kalibrointisäätöjä –
joskin virheellisten lähtötietojen mukaisesti. Nämä aiheuttivat vääränlaisia korja-

usliikkeitä. Grafiikan totaalinen puuttuminen myös vaikeutti järjestelmän toiminnan ymmärtämistä.

Perinteisistä SPC-vaihtoehtoista (Statistical Process Control – tilastolliset menetelmät prosessien ohjauksessa) luovuttiin mitattavan materiaalin, mittaukseen käytettävän ajanpuutteen ja tätä kautta asiaan paneutumisen puutteen vuoksi. Tämän johdosta siirryttiin jo 50-luvulla kehitettyyn ”prosessin suorituskyvyn pakko-ohjausta toleranssien mukaan suorittavaan” Pre-Control-seurantakorttiin, jota ei suoraan mielletä SPC:ksi, vaikka se perustuu kuitenkin tilastolliseen todennäköisyyteen. Seurantakortissa tarkkailtiin graafisesti aina kahden mittauksen välillä tapahtuneita muutoksia, jotka vaikuttivat säätötyöhön. Hyötynä seurannassa on sen yksinkertaisuus ja havainnollisuus sekä inhimillisen päättelyn poistaminen säädön tarpeellisuudesta.

Kostutusvesijärjestelmän laitteet ovat yksinkertaisuudestaan johtuen huomattavan vapaita vaikeasti havaittavista vioista. Yrityksessä on välineet, joilla pystyy seuraamaan kostutusvedessä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia, jos ne johtuvat veden puhdistuksesta tai annostuksen muutoksesta. Ulkoisten ongelmien tarkistamiseen ei sen sijaan ole mahdollisuutta, ja näin ollen kostutusveden konsentraatin seuranta tulee parantaa mm. huomioiden valmistajalta tulevien erien vaihdokset.

Kun kostutusveden lisäaineen annostelu muuttuu optimaalisesta arvosta, laadun ylläpitämiseen vaikuttavien säätöjen raja-alueet pienenevät. Taitava painaja kykenee taiteilemaan painokoneella vesi-väri tasapainon avulla, jotta laatu pysyy vielä siedettävänä. Kun kostutusveden kemiallisten ominaisuudet alentuvat johtuen alentuneesta lisäainepitoisuudesta, joudutaan painamattoman pinnan värinsiirtoa estettäessä turvautumaan korkeaan vesiannosteluun. Tällöin materiaalissa alkaa tapahtua muutoksia fyysisissä mitoissa ja mahdollisesti pienempien värirasteripisteiden pois peseytymistä. Paperin mittojen muuttuessa osavärien kohdistus voi mennä korjaamattomasti pieleen ja värirastereiden pois pyyhkiytymisestä aiheutuu vaaleampien alueiden puuttuminen painotuotteesta. Muun muassa näiden asioiden takia kostutusvedellä on osansa painotapahtumassa laadullisena tekijänä, jota ei tulisi sivuuttaa.

Lähteet

Henkilölähteet:

Honkonen, J. 2010. Materiaalimyyjä. Manroland Finland Oy. Haastattelu 20.6.2010.

PrintControl Finland Oy

Virola, R. 2010. Re: Lämpötilan vaikutus kostutusveteen [sähköpostiviesti]. Vastaus V. Vienonen. A. Lähetetty 12.4.2010.

Kirjalliset lähteet:

Järvinen, P., Lemetti, P., Virtanen, T., Lillrank, P., Malmi, T. 2001

Laatukustannuslaskenta: Käyttötarkoitus ja menetelmät, käytännön työkirja yrityskäyttöön ja opiskeluun. Espoo: Monikko Oy

Salomäki, R. 1999 Suorituskykyiset prosessit – hyödynnä SPC. Jyväskylä: Gummerus

Järnefelt, G. 1993 Tuoteprosessien tilastollinen valvonta – SPC. Tampere: Tammer-Paino Oy

Jimek. Automixer 2000. Esa Lehtipaino Oy. Ohjekirja

Verkkolähteet:

Esa Lehtipaino Oy. 2010. [viitattu 14.7.2010] Saatavissa Esa-konsernin Intranetissa: https://portti.esakonserni.fi/http/hermes2.ess.fi/tekstisivu.tmpl?sivu_id=318

Kansallisen Mediatutkimuksen syksy 2009/kevät 2010-aineisto

[viitattu 13.4.2010] Saatavissa:

http://www.levikintarkastus.fi/mediatutkimus/KMT_Lukijatiedote_syyskuu_2010.pdf

Evtek [viitattu 14.6.2010] Saatavissa:

http://nww.evtek.fi/n/penttiv/paino2i/Graaf_tekn.pdf

Laakapaino offsetprosessin perusteet [viitattu 14.6.2010] Saatavissa:

http://nww.evtek.fi/n/penttiv/paino1/1_varinsiirto.pdf

Vihersaari, P. "Raakavedestä ultrapuhhtaaseen" [viitattu 2.10.2010] Saatavissa:

<http://www.wakkanet.fi/~timvih/vesiluento/puhdistus2.htm>

LIITTEET

1. LIITE

Mittaustekniikan vuokaavio

